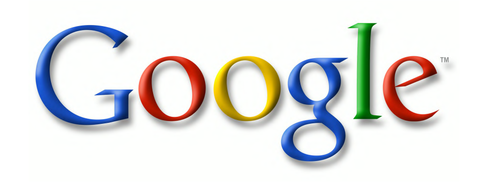
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.



https://books.google.com





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 02050568 5

1, Telephone, 1891

SND



Digitized by Google

Est. N Prat. 2 . 45
Caixa ______ Num. 4155

0985

TTH
Preece

Digitized by Google

Digitized by Google

LE

TÉLÉPHONE

Digitized by Google

Digitized by Google

LE

TÉLÉPHONE

PAR

WILLIAM-HENRI PREECE
Membre de la Société Royale de Londres,
Electricien en chef du British Post-Office

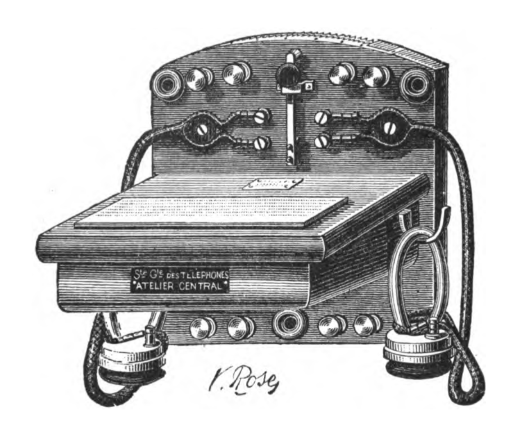
ET

JULIUS MAIER
Docteur ès sciences physiques

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR

G. FLOREN
Ingénieur civil.



PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

1891

Tous droits réservés.

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
97126B
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
B 1940 L

Digitized by Google

PRÉFACE DES AUTEURS

La tâche que nous nous sommes imposée dans ce volume de présenter un exposé détaillé et exact de l'état actuel de la Téléphonie n'était pas facile; d'une part, il y avait la difficulté de décrire bon nombre d'installations et d'appareils qui n'étaient pas encore entrés dans le domaine public; d'autre part, il fallait, parmi un grand nombre de systèmes et d'arrangements proposés, choisir seulement ceux dont la pratique avait consacré l'utilité.

Si nous avons réussi jusqu'à un certain point à remplir cette tâche, nous en sommes en grande partie redevables à l'empressement que nous avons rencontré chez les différentes Administrations des téléphones et chez les Inventeurs d'appareils téléphoniques eux-mêmes. Nous profitons de cette occasion pour faire parvenir nos meilleurs remercîments à ceux qui nous ont envoyé des communications originales pour la rédaction de ce livre.

Nous ne nous sommes guère occupés des questions de priorité et nous n'avons pas tenté de tenir compte des droits de patente et des préjugés nationaux. Nous avons plutôt

Digitized by Google

tâché d'expliquer chaque point en faisant choix du meilleur système en usage, sans faire attention à la date ni au pays.

On verra que nous avons donné un résumé des principes d'acoustique et des lois de l'induction électrique, auxquelles le téléphone doit son existence et sur lesquelles est basé son développement rapide.

Nous n'avons fait qu'effleurer le côté historique de la question, et nous avons préféré prendre immédiatement pour point de départ l'invention de Graham Bell qui prouva que la téléphonie pouvait fournir un système pratique.

Deux instruments, qui, à leurs débuts, soulevèrent des questions de diverse nature et excitèrent des colères passionnées, le transmetteur à charbon d'Edison et le microphone de Hughes, avec leurs diverses modifications, sont l'objet d'une étude sérieuse. Nous examinons aussi les théories diverses du récepteur et du transmetteur. Nous n'avons pas manqué de considérer les nouveautés si nombreuses, soit scientifiques, soit pratiques, quoique la plupart se rangent dans la première catégorie. Nous nous sommes efforcés de déduire quelques conclusions des résultats pratiques fournis par l'expérience au sujet de l'efficacité comparée de quelques-uns de ces systèmes. Presque tout ce que nous avons écrit au sujet des fils et des câbles est le résultat actuel de l'expérience et nous avons tâché autant que possible d'exclure les règles purement empiriques, et de passer sous silence les changements qui ont été faits dans le seul but de varier ce qui existait déjà.

Nous nous sommes fait un devoir d'explorer le domaine de l'expérience aussi loin que nous pouvions; aussi est-il possible que nous ayons commis, par-ci par-là, quelques omissions.

Digitized by Google

Ce volume s'est développé jusqu'à prendre des dimensions qui dépassent de loin celles que nous nous étions fixées d'abord ; la table des matières montre les limites étendues de l'étude qu'il renferme ; tel qu'il est, nous le livrons aux critiques impartiales du monde technique, pour lequel il a été écrit, avec l'espoir qu'il sera d'une valeur pratique réelle.

Nous serons grandement obligés à ceux qui nous indiqueront les erreurs qui auraient pu se glisser dans l'ouvrage ou qui nous suggéreront des additions de nature à contribuer à lui donner une plus grande utilité.

Nous avons librement fait usage de Du Moncel, Wietlisbach, Grawinkel, Rothen et d'autres, et nous avons tâché autant que possible d'indiquer les sources.

Digitized by Google

Pour faciliter au lecteur l'intelligence des figures, nous donnons ci-dessous la traduction de quelques mots anglais que l'on a été forcé d'y conserver. (Chap. XII et suivants.)

ANGLAIS	FRANÇAIS
Bell	Sonnerie.
Call	Appel.
— wire	Fil d'appel.
Earth	Terre.
Exchange	Bureau central
Line	Ligne.
— up line	Ligne allant vers le Bureau central.
— down line	— vers le poste terminal.
Operator's wire	Fil de l'employé.
Return line (wire)	Fil de retour.
Switch	Commutateur.
Wire	Fil.
B. W. G. (British wire gauge)	Jauge anglaise pour fils, voyez Tableau, p. 409.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Digitized by Google

CHAPITRE VI

TÉLÉPHONES RÉCEPTEURS

CHAPITRE VII

TRANSMETTEURS A CHARBON

CHAPITRE VIII

TÉLÉPHONES SPÉCIAUX

CHAPITRE IX

SUR L'EFFICACITÉ COMPARÉE DE QUELQUES TRANSMETTEURS

CHAPITRE X

LIGNE TÉLÉPHONIQUE

Digitized by Google

CHAPITRE XI

APPAREILS AUXILIAIRES EMPLOYÉS DANS L'INSTALLATION DES STATIONS TÉLÉPHONIQUES

CHAPITRE XII

STATIONS TERMINALES ORDINAIRES

CHAPITRE XIII

STATIONS INTERMÉDIAIRES

CHAPITRE XIV

BUREAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES. SYSTÈME DU BRITISH POST OFFICE

CHAPITRE XV

BUREAUX CENTRAUX. SYSTÈME ALLEMAND



CHAPITRE XVI

BUREAUX CENTRAUX. SYSTÈME FRANÇAIS

CHAPITRE XVII

BUREAUX CENTRAUX. SYSTÈME SUISSE

CHAPITRE XVIII

BUREAUX CENTRAUX. DIVERS SYSTÈMES

CHAPITRE XIX

TABLEAUX COMMUTATEURS MULTIPLES. CELUI DU WESTERN ELECTRIC

CHAPITRE XX

TABLEAUX COMMUTATEURS MULTIPLES. — BUREAU CENTRAL DE MANCHESTER

Digitized by Google

CHAPITRE XXI

COMMUNICATION ENTRE DEUX RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES ÉLOIGNÉS. SYSTÈME DE TRANSLATION

CHAPITRE XXII

STATIONS TÉLÉPHONIQUES PUBLIQUES

CHAPITRE XXIII

CHAPITRE XXIV

TÉLÉPHONIE MULTIPLEX ET A LONGUE DISTANCE

CHAPITRE XXV

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT (I)

CHAPITRE XXVI

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT (II)


Digitized by Google

CHAPITRE XXVII

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT (III)

CHAPITRE XXVIII

APPLICATION DU TÉLÉPHONE AU SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE

CHAPITRE XXIX

TÉLÉPHONIE MILITAIRE

CHAPITRE XXX

APPLICATIONS DIVERSES

Digitized by Google

LE TÉLÉPHONE

INTRODUCTION

1. — Il est difficile de se figurer qu'il y a dix ans on savait peu ou rien sur le téléphone. Ce fut au mois de juillet 1877 que l'un des auteurs de ce livre apporta en Europe les deux premiers téléphones pratiques. Il y en a maintenant 200000 journellement en usage.

L'idée de transmettre le son à distance date de la plus haute antiquité : elle trouva sa première expression pratique dans la construction du cordon acoustique et, à une époque plus récente, dans celle du téléphone à ficelle.

En 1667, Robert Hooke décrivit comment, à l'aide d'un petit fil tendu et formant une ligne brisée à angles nombreux, il propagea le son à une distance très considérable.

« Il n'est pas impossible, dit-il, d'entendre un chuchotement à la distance d'un furlong (200 mètres) et même le fait a déjà eu lieu ; peut-être la nature de la chose ne la rendrait pas plus difficile, quand même cette distance serait dix fois plus grande. Et quoique certains auteurs célèbres aient affirmé qu'il est impossible d'entendre à travers la plaque la plus mince de moscovite, je connais cependant un moyen très facile d'entendre parler quelqu'un à travers un mur d'un yard d'épais-

Digitized by Google

seur. On n'a pas encore examiné à fond jusqu'à quel point l'usage du cornet acoustique peut être perfectionné, ni quels autres moyens il peut y avoir de donner plus de vivacité à notre faculté auditive, ou de se servir, pour la transmission des sons, d'autres milieux que l'air. Pour montrer que ce dernier n'est pas le milieu unique, je puis assurer le lecteur qu'à l'aide d'un fil tendu, j'ai propagé le son à une distance très considérable en un moment ou avec une vitesse aussi grande, à ce qu'il paraissait, que celle de la lumière, du moins incomparablement plus grande que celle de la propagation des mêmes sons à travers l'air ; et ceci non seulement en ligne droite ou directement, mais en une ligne brisée, faisant des angles nombreux. »

Dans le « Repository of Arts », du 1er septembre 1821, nous trouvons la description d'un instrument inventé par Wheatstone et auquel il donna le nom de *téléphone*.

« Qui sait, dit-il, si par ce moyen on ne pourra pas bientôt jouir de la musique d'un opéra, exécutée au Théâtre-Royal, tout à la fois dans la salle de Hanover-Square, à la Taverne de la cité de Londres, et même à la Taverne du Cor, à Kennington, le son étant conduit, comme le gaz, à travers des conducteurs appropriés du Laboratoire central d'harmonie d'Haymarket jusqu'aux parties les plus éloignées de la métropole, avec cet avantage que, dans son voyage, il ne perdra rien de son intensité ? Quelle perspective pour les amateurs de l'art de pouvoir entendre de la musique au dixième du prix auquel nous pouvons l'obtenir nous-mêmes ! Et si la musique est capable d'être transmise de cette manière, peut-être la parole est-elle susceptible du même mode de propagation.

2. — Dans ce livre nous ne nous occupons que de la reproduction électrique de la parole. Cette invention date de l'année 1837, quand un Américain, du nom de Page, découvrit qu'un barreau aimanté pouvait émettre des sons lorsqu'il était soumis alternativement à des aimantations et désaimantations rapides. En approchant rapidement les pôles d'un aimant en fer à cheval d'une

Digitized by Google

bobine aplatie roulée en hélice, il obtenait un son auquel il donna le nom de battement magnétique (*magnetic tick*). De la Rive, Gassiot et Marrian[1] observèrent le même phénomène dans un barreau de fer doux entouré d'une hélice, au moment où cette hélice était traversée par un courant. Des interruptions fréquentes du courant augmentaient notablement l'effet des *vibrations de Page*, comme on les appelle quelquefois, et donnaient naissance à un son distinct d'intensité considérable. En faisant ces interruptions en cadence rapide, on obtenait une note musicale.

En 1854, Charles Bourseul, un Français[2], publia un travail sur la transmission électrique de la parole, dans lequel il dit :

« Imaginez que l'on parle près d'une plaque mobile assez flexible pour ne perdre aucune des vibrations produites par la voix, que cette plaque établisse et interrompe successivement la communication avec une pile ; vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exécutera en même temps les mêmes vibrations. »

« ..... Il est certain que dans un avenir plus ou moins éloigné la parole sera transmise à distance par l'électricité. J'ai commencé à faire des expériences à cet égard ; elles sont délicates et exigent du temps et de la patience, mais les approximations obtenues font entrevoir un résultat favorable. »

Philippe Reiss, de Friedrichsdorf, écrivait en 1868 : « Je fus amené en l'année 1860, dans l'intérêt de mes leçons de physique, à poursuivre un travail que j'avais commencé beaucoup plus tôt au sujet des organes de l'ouïe et j'eus bientôt la joie de voir mes efforts couronnés de succès : je réussis à inventer un appareil au moyen duquel il est possible de rendre claires et évidentes les fonctions de l'ouïe et qui peut aussi servir à reproduire toutes espèces de sons à n'importe quelle distance, au moyen du courant électrique. Je donnai à cet instrument le nom de *téléphone*[3]. »

L'instrument de Reiss n'était d'abord destiné qu'à la reproduc-

[1] Guillemin. *Le Monde physique*, t. III, p. 730.
[2] Du Moncel. *Applications de l'électricité*, 1854.
[3] Philip Reiss, by Sylvanus P. Thomson, 1883.

Digitized by Google

tion des sons musicaux; de fait, ce n'était qu'un téléphone musical, et son application à la transmission de la parole était très limitée ; mais il renfermait les traits essentiels du téléphone actuel et il transmettait certainement la parole.

3. — Pendant les seize années suivantes, on ne s'occupa plus de la question de la téléphonie articulée ; le téléphone musical fut perfectionné par Yeates et Van der Weyde, par Cecil et Léonard Wray, Pollard et Garnier, et par Elisha Gray; mais le téléphone parlant pur et simple ne fut patenté que le 14 février 1876, aux Etats-Unis, par Graham Bell; et, coïncidence étrange, exactement le même jour, Elisha Gray prenait une patente pour un instrument analogue. Bell exploita et perfectionna son système avec une énergie prévoyante. Gray laissa dormir le sien dans un bureau de patentes en Amérique. La question de priorité entre Gray et Bell fut dans la suite soumise aux tribunaux, et se termina par un compromis, une seule et même compagnie achetant les droits de patente des deux inventeurs.

En s'adressant, en 1876, à l'Association Britannique, sir William Thomson dit : « J'ai entendu, à travers un fil électrique, les mots célèbres de Shakespeare : « Être ou ne pas être,... c'est là ce qui m'arrête » ; mais, dédaignant les monosyllabes, l'articulation électrique s'éleva plus haut dans son vol et me reproduisait des passages choisis au hasard dans les journaux de New-York : « S. S. Cox est arrivé. » (Je ne parvins pas à débrouiller le S. S. Cox.) « La ville de New-York. » « Le sénateur Morton. » « Le sénat a décidé d'imprimer un millier de copies supplémentaires. » « La colonie américaine à Londres a résolu de célébrer le 4 juillet prochain. » Tout ceci, je l'entendis de mes propres oreilles, avec une netteté qui ne laissait pas de place à l'erreur. Ces paroles m'étaient transmises par l'intermédiaire d'un mince disque qui servait d'armature circulaire à un petit électro-aimant exactement semblable à celui que je tiens ici à la main. Les paroles étaient prononcées d'une voix haute et claire, à l'autre bout de la ligne, par mon collègue du jury, le professeur Watson, qui tenait la bouche aussi

Digitized by Google

près que possible d'une membrane tendue, semblable à celle que vous voyez ici et portant une petite plaque en fer doux. La parole faisait exécuter à cette membrane, dans le voisinage d'un électro-aimant en circuit avec la ligne, des mouvements proportionnels aux vibrations sonores de l'air. Cette merveille, qui dépasse de loin toutes celles du télégraphe électrique, est due à un de nos compatriotes, encore jeune, M. Graham Bell, d'Edimbourg, Montreal et Boston, devenu maintenant un citoyen naturalisé des Etats-Unis. Comment ne pas admirer cette audace d'invention, qui a imaginé des dispositions si simples pour réaliser cette conception mathématique, que si l'électricité doit transmettre toutes les délicatesses de nuance, caractéristiques de la parole articulée, l'intensité de son courant doit varier d'une manière continue et autant que possible proportionnellement à la vitesse de la lame d'air dont le déplacement est en train de constituer le son? »

A la réunion de la même association, à Plymouth, en 1877, M. Preece montra au public, pour la première fois, en Angleterre, le téléphone développé de Bell, qu'il venait d'apporter des Etats-Unis, et à la même réunion, le professeur Graham Bell donna plus de détails sur sa nouvelle invention.

4. — Chaque téléphone se compose d'un transmetteur et d'un récepteur. Le transmetteur est l'instrument dans lequel on parle, et qui s'applique à la bouche ou dont on approche la bouche. Le récepteur est l'instrument qu'on s'applique à l'oreille et par lequel on perçoit les sons.

Le téléphone, pour ce qui regarde le récepteur, est resté virtuellement le même, tel que le décrit Bell dans sa patente; on y a apporté des modifications, mais plutôt dans le but d'éluder les droits de patente existants que dans celui de perfectionner l'appareil. Il en est tout autrement du transmetteur. L'instrument Bell primitif, qui est identique avec le récepteur, a été complètement abandonné comme transmetteur. Au lieu du téléphone magnétique primitif, un transmetteur à charbon, qui nécessite l'usage d'une pile, est maintenant presque exclusivement employé.

Digitized by Google

L'invention du premier transmetteur à charbon est due à Edison, qui le construisit en 1877, peu après la découverte de Graham Bell. Dans cet instrument, la plaque vibrante repose sur un bouton de charbon. Edison attribue les effets obtenus à une variation de résistance électrique, produite par une variation de pression.

La découverte du microphone par Hughes, en 1878, vint jeter un nouveau jour sur ce sujet. Hughes montra que l'effet du transmetteur à charbon d'Edison n'était pas dû à l'influence d'une pression variable exercée sur la masse du charbon, mais qu'il était un phénomène de contact imparfait. Nous pouvons dire en toute sûreté que Hughes a fait autant pour perfectionner le téléphone que Bell a fait pour le mettre au jour.

Les transmetteurs actuellement en usage, comme ceux de Blake, de Berliner, de Hunning et d'autres sont tous construits d'après le principe des contacts imparfaits ; ils constituent les derniers perfectionnements réalisés dans cet appareil intéressant et nous amènent à l'époque actuelle.

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER

LE SON ET LA PAROLE

5. — Le son est la sensation que nous percevons lorsque les vibrations sonores de l'air viennent frapper le tympan de notre oreille, et qu'elles sont transmises au cerveau par l'intermédiaire des nerfs. Le son est un phénomène subjectif. Ce qu'il renferme d'objectif et ce qui fait l'objet de la science appelée « acoustique », c'est le mouvement périodique de la matière transmis sous la forme du mouvement ondulatoire et régi par des lois simples harmoniques.

Une vibration ou onde sonore a trois propriétés caractéristiques bien distinctes : la *hauteur*, l'*intensité* et le *timbre*. La hauteur dépend de la fréquence des ébranlements ondulatoires ou du nombre de vibrations exécutées et transmises par seconde ; l'intensité dépend de l'amplitude de ces ondes, et le timbre de leur forme.

Le timbre des sons musicaux comme aussi des voyelles, et par suite également de la parole humaine articulée dépend de la production simultanée d'un certain nombre de composantes du son fondamental, que l'on appelle harmoniques : la résultante de ces harmoniques forme les ondes qui constituent la parole humaine. Les voyelles et les consonnes sont des sons musicaux composés, ou des sons résultants formés par la combinaison de ces harmoniques. Le premier harmonique détermine la hauteur du son résultant, appelé premier harmonique ; les autres sont appelés harmoniques supérieurs. Ces derniers sont très nombreux. Il ne faut pas moins de huit harmoniques pour reproduire la voyelle *o*.

Digitized by Google

La forme des ondes sonores est donc très compliquée et c'est une chose merveilleuse qu'elles puissent être reproduites par le téléphone.

6. — En supposant, ce qui est conforme à la réalité, que les vibrations d'un corps sonore ou les oscillations des molécules de l'air sont semblables à celles d'un pendule, c'est-à-dire qu'elles suivent les mêmes lois que les vibrations d'un diapason, nous pouvons représenter graphiquement ces vibrations par la courbe (fig. 1).

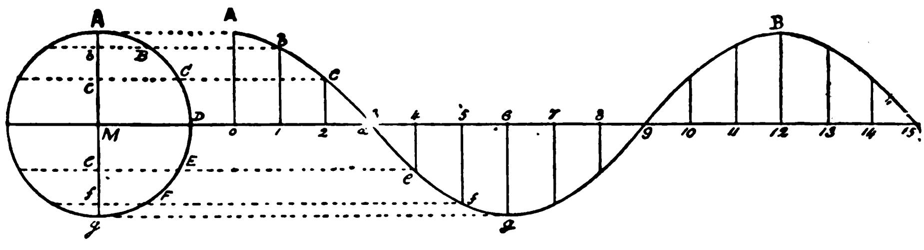


Fig. 1.

Soit une particule de matière P, oscillant le long de la ligne A g autour de sa position d'équilibre M, entre les limites A et g; c'est-à-dire, supposons qu'étant partie de A elle se déplace jusqu'en g et qu'elle revienne ensuite en A; supposons aussi que pour arriver aux points b, c, e et f, elle mette respectivement $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{12}$, $\frac{4}{12}$, et $\frac{5}{12}$ de la durée totale T de l'oscillation. Ensuite sur une ligne menée perpendiculairement à A g en M, marquons des intervalles de temps égaux, en commençant en O.

Les points 0, 1, 2, 3, 4, etc., se suivent à intervalles égaux, chacun desquels représente $\frac{1}{12}$ T. A chacun de ces points menons une droite perpendiculaire sur MD et sur ces perpendiculaires marquons la valeur correspondante de la distance qui sépare le corps oscillant de sa position d'équilibre M; par exemple :

En :

en 0,	la longueur	0A	= MA	= $a \times \cos 0°$
1,	—	1b	= Mb	= $a \times \cos 30°$
2,	—	2c	= Mc	= $a \times \cos 60°$
3,	—	0	= 0	= $a \times \cos 90°$
4,	—	4e	= Me	= $a \times \cos 120°$

Digitized by Google

Et, d'une manière générale, $y = a \cos \theta$, où a est la distance MA et θ l'angle que fait avec MA le rayon à un point quelconque sur la circonférence du cercle ADg.

La courbe menée par les points A, b, c, 3, e, f, g, etc., est la *courbe de vibration* d'un corps oscillant à la manière d'un pendule et suivant la loi du mouvement simple harmonique. On exprime plus fréquemment cette loi par la formule suivante : $y = a \sin \varphi$, où φ est le complément de θ ou l'angle que fait MD avec l'axe, lorsque celui-ci tourne autour de M dans le sens positif. La courbe obtenue est appelée la *courbe sinusoïdale* ou la courbe des sinus. L'intervalle AB entre deux sommets d'ondes est appelée la *longueur d'onde*.

La distance MA que la particule parcourt dans sa vibration est appelée l'*amplitude* de la vibration. La durée totale T, qui est représentée dans la figure sur la ligne des abscisses par la longueur 0 à 12 est quelquefois appelée la période de la vibration. L'amplitude et la durée de la vibration sont entièrement indépendantes l'une de l'autre. La particule oscillante peut accomplir, dans l'unité de temps, le même nombre de vibrations, que l'amplitude de sa course soit considérable ou non. Cette durée uniforme pour des amplitudes diverses constitue ce qu'on appelle l'isochronisme. Si on fait vibrer un diapason, la hauteur du son dépend uniquement du nombre de vibrations aller et retour par seconde, mais son intensité ou sa force dépend de l'étendue de ces vibrations, c'est-à-dire de l'amplitude. De là vient que, tandis que la note reste la même, son intensité change, et le son s'éteint à mesure que l'amplitude diminue.

On peut effectivement produire une de ces courbes simples harmoniques en munissant un diapason, de grandes dimensions, d'une plume ou d'un crayon qui enregistre les oscillations sur une feuille de papier, déroulée sous le crayon avec une vitesse uniforme et dans une direction perpendiculaire à la ligne de vibration.

7. — Toutefois le mouvement d'un corps oscillant avec des périodes égales et des amplitudes égales peut prendre des formes bien différentes de celle exprimée par la courbe donnée plus haut.


Digitized by Google

Mais quelle que soit cette forme, elle peut toujours être représentée d'une manière semblable par une courbe que l'on obtiendra en marquant d'abord, comme dans la figure 1, sur une ligne horizontale, des longueurs proportionnelles au temps écoulé depuis le

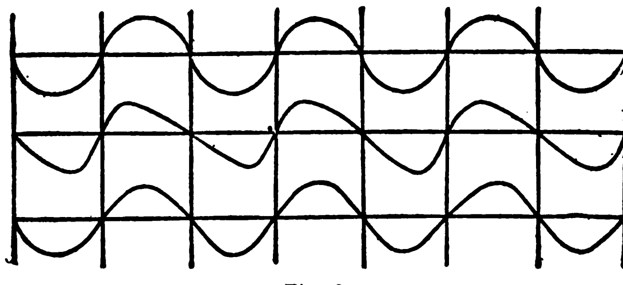


Fig. 2.

commencement de l'oscillation, prenant les ordonnées proportionnelles à la distance correspondante du corps oscillant de sa position d'équilibre et menant enfin une courbe par les points ainsi déterminés.

8. — Les vibrations d'un corps sonore déterminent dans l'atmosphère environnante un mouvement ondulatoire qui est transmis de proche en proche par les molécules de l'air, exécutant des vibrations semblables à celles du corps lui-même. Lorsqu'un diapason vibre dans l'air, il donne à ce dernier une série d'impulsions, chacune desquelles produit une compression et une condensation temporaires en avant des branches, tandis que derrière elles se produit momentanément une diminution de pression et une raréfaction. A mesure que les branches du diapason s'agitent, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, une série de condensations et de raréfactions se produisent alternativement. Chaque lame d'air comprimé tend, pour ainsi dire, à se mettre à l'aise en se dilatant dans la zone d'air adjacente qui elle, à son tour, est ainsi comprimée; les zones dilatées communiquent leur extension de proche en proche d'une manière analogue. De cette façon, une série de condensations et de dilatations se propagent à travers l'atmosphère environnante et leur succession alternative constitue une onde dont la période est la même que la durée des vibrations du diapason. Si les vibrations sonores ont lieu en plein air, leur

Digitized by Google

amplitude sera de plus en plus faible et le son finira par s'éteindre. Si les ondes de l'air viennent à frapper un diaphragme quelconque, celui-ci s'ébranlant aux vibrations sonores, vibrera avec la même période et dans la même forme : le diaphragme à son tour devient un corps sonore. Si le corps sonore primitif vibre à la manière d'un pendule, les vibrations des molécules d'air qui transmettent le son doivent suivre la même loi simple harmonique. Une différence dans la forme de vibration d'un corps sonore produit un changement correspondant dans la forme de vibration des molécules d'air, dont l'oscillation transmet jusqu'à l'oreille le son émis par ce corps. La différence de timbre est donc causée par les différences dans la forme des vibrations des ondes sonores qui frappent notre oreille.

La théorie des voyelles, telle qu'elle a été exposée par Helmholtz, a été amplement confirmée par des investigations subséquentes[1]. La formation des consonnes suit les mêmes lois, et la différence du timbre de différentes voix ou la diversité d'intonation et d'articulation qui distingue les hommes entre eux est due à la forme des vibrations sonores produites par chacun, et par conséquent au nombre et au caractère des harmoniques, superposés au son fondamental par la conformation spéciale de la bouche, des lèvres, et la disposition des dents de chaque individu.

On n'est pas encore parvenu à donner une explication satisfaisante et rationnelle de la production des *sons sifflants*. Ce sont ceux qu'on obtient le plus difficilement dans le téléphone, et il n'est pas certain qu'ils aient jamais été reproduits convenablement. Les échos ne les répètent pas, quoiqu'ils soient réfléchis dans les *galeries chuchotantes* (whispering galeries), comme le dôme de Saint-Paul, à Londres. Ils sont probablement aux autres sons ce que sont les lames de mer aux vagues ordinaires, quoique la théorie ne puisse expliquer la manière dont leur production a lieu. Leur action sur le tympan de l'oreille dans l'enceinte fermée d'un restaurant ou d'un théâtre est remarquable et un vigoureux coup de *sifflet* ne manque jamais d'attirer l'attention au milieu

[1] Preece and Stroh, *Studies in Acoustics*, Proc. Royal Society, n° 193, 1879.


Digitized by Google

même d'une confusion parfaite d'autres bruits. Le *claquement* d'un fouet a beaucoup de ce caractère, mais il n'est fait mention nulle part que ce son ait été transmis par le téléphone.

9. — Ceci étant compris, la fonction d'un téléphone est de transformer à un endroit quelconque l'énergie de ces vibrations sonores en énergie de courants électriques; celle-ci à son tour, en un autre endroit quelconque, est destinée à être changée en énergie d'attractions et de répulsions magnétiques; une dernière transformation enfin remettra celle-ci à l'état de vibrations sonores et le téléphone de cette manière reproduira les sons primitifs.

On peut représenter graphiquement des courants électriques intermittents de la manière indiquée dans la figure 3, où les

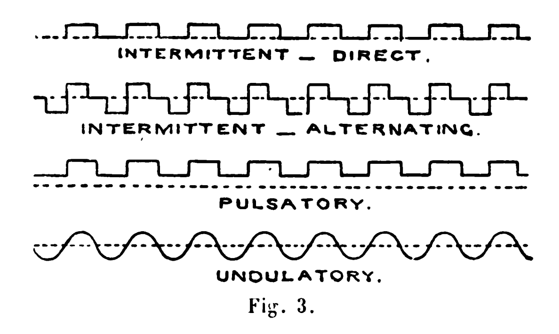


Fig. 3.

petits rectangles de la première ligne représentent un courant intermittent, direct, c'est-à-dire allant toujours dans le même sens; ceux de la deuxième ligne représentent un courant intermittent alternatif, c'est-à-dire allant tantôt dans le sens positif et tantôt dans le sens négatif. Des lignes pareilles peuvent être obtenues au moyen du crayon d'un instrument comme le siphon-enregistreur de sir W. Thomson, qui est d'un usage si universel dans la télégraphie sous-marine; on pourrait aussi les obtenir géométriquement, comme dans la figure 1, en supposant que les ordonnées de la courbe sinusoïdale représentent l'intensité du courant qui passe à un moment quelconque à travers les conducteurs. Des courants de cette nature s'emploient dans les téléphones musicaux; il reproduisent des sons musicaux simples avec leur hauteur primitive, sans reproduire le timbre; ils sont propres à

Digitized by Google

transmettre le nombre des vibrations de l'air auxquelles ils doivent leur caractère intermittent.

On obtient une seconde espèce de courants en variant brusquement, par un moyen quelconque, l'intensité d'un courant continu; la troisième ligne représente ces courants que l'on appelle *courants d'impulsion*. Ils trouvent également leur application dans la téléphonie musicale et sont capables de transmettre des sons d'intensité variable, mais ils ne peuvent rendre le timbre.

Si enfin on fait varier l'intensité d'un courant continu, non pas brusquement et pour ainsi dire par secousses, mais par des accroissements et des affaiblissements graduels, d'après la loi harmonique, on obtient un courant ondulatoire, tel que le représente la ligne inférieure ; le flux électrique, pour employer un langage figuré, reçoit un mouvement ondulatoire, en ce sens que les ondes sont produites, non par la génération d'un courant, ni par son accroissement brusque jusqu'à une certaine intensité et son affaiblissement subit jusqu'à zéro, mais par des variations d'intensité du courant dans certaines limites bien définies et dans une forme bien déterminée.

Nous voyons donc que, dans le fonctionnement des téléphones, les courants électriques prennent toujours la forme sinusoïdale et suivent la loi simple harmonique.

La tâche du téléphone se résout donc dans celle de la transmission électrique de vibrations harmoniques.

Ces vibrations, nous l'avons vu plus haut, peuvent être représentées graphiquement par une courbe ; aussi les courants électriques, pour pouvoir reproduire ces vibrations, doivent s'adapter à une loi semblable, pour ce qui regarde cette forme de mouvement, ou, en d'autres mots, ils doivent être tels qu'ils puissent être représentés graphiquement par des courbes semblables.

Digitized by Google

CHAPITRE II

INDUCTION

10. — Un courant électrique possède toujours certaines propriétés magnétiques, qui varient avec sa direction, avec son intensité, et avec la vitesse avec laquelle la variation d'intensité se produit. La direction d'un courant est définie par cette convention que pour un élément Daniell, le courant *positif* va du pôle cuivre au pôle zinc en passant par le circuit extérieur. L'intensité d'un courant est mesurée par celle des effets magnétiques qu'il produit dans son voisinage ; et la vitesse de variation est mesurée par certains effets d'induction qui font l'objet de ce chapitre. L'espace qui entoure un conducteur par lequel passe un courant se nomme un *champ magnétique ;* Faraday a montré qu'on peut représenter l'intensité et la direction de ce champ en supposant qu'il est traversé par des lignes de force dont le nombre, par unité de surface, prise normalement à leur direction, est proportionnel à l'intensité de la force magnétique agissant dans le champ, et que leur sens est identique avec celui dans lequel se mouvrait le pôle nord d'un très petit aimant placé dans ce champ. L'espace environnant un conducteur par lequel passe un courant électrique peut donc être représenté par des cercles ayant leur centre sur l'axe du conducteur; si un courant positif traversait le conducteur en s'éloignant de l'observateur, le pôle nord d'un aimant tendrait à se mouvoir, sur l'une de ces courbes fermées de force, dans le même sens que l'aiguille d'une montre placée en face de l'observateur. Naturellement, un pôle sud serait poussé dans le sens opposé; ainsi les deux pôles d'un aimant dans le voisinage

Digitized by Google

d'un conducteur électrique rectiligne subissent l'influence de forces opposées, qui tendent à placer l'aimant dans une direction normale à celle du courant et tangentielle à la ligne de force. Cette règle très utile nous permet de déterminer immédiatement le sens dans lequel un aimant est dévié par un courant. Elle indique aussi la nature du magnétisme dont un barreau de fer est aimanté : imaginons qu'une ligne de force circulaire devienne un conducteur, et que le conducteur devienne un barreau de fer; un courant positif, allant dans le sens des aiguilles d'une montre, développera par induction un pôle nord du côté qui est le plus éloigné de l'observateur.

Les courants électriques et les champs magnétiques sont entre eux dans une telle relation que toute variation du courant produit une variation dans le champ magnétique et que, vice versa, toute variation dans le champ magnétique produit une variation dans le courant. De fait, étant donné un champ magnétique et un conducteur électrique dans ce champ, toute variation dans le champ réalisera les conditions qui déterminent un courant dans le conducteur. On peut donc dire que, si un conducteur faisant partie d'un circuit fermé est déplacé dans le champ magnétique suivant une direction perpendiculaire aux lignes de force de ce champ, il se développera dans le conducteur un courant induit, dont l'intensité sera proportionnelle à l'intensité de ce champ et à la vitesse avec laquelle le conducteur coupe les lignes de force; réciproquement, si le conducteur est rendu fixe et si les lignes de force sont déplacées à travers le champ suivant une direction perpendiculaire au conducteur, il se produira dans celui-ci un courant induit dont l'intensité est proportionnelle à l'intensité du champ et à la vitesse avec laquelle les lignes de force sont déplacées dans le champ. Ainsi le mouvement, soit du conducteur, soit des lignes de force, est accompagné du phénomène de l'induction.

11. — Nous avons donc deux sortes d'induction électrique : celle dans laquelle les variations de courant d'un conducteur primaire produisent des courants induits dans un conducteur voisin, appelé aussi conducteur secondaire : c'est l'*induction électro-dyna-*

Digitized by Google

mique ou *voltaïque ;* et celle dans laquelle des variations dans un champ magnétique produisent des courants induits dans un conducteur placé dans ce champ : c'est l'*induction magnéto-électrique*. Le dernier effet peut être obtenu par le déplacement soit d'un aimant permanent ou d'un électro-aimant, soit d'un conducteur traversé par un courant électrique, soit de l'armature d'un aimant.

Le sens d'un courant induit ou secondaire est déterminé par la loi de Lenz, qui dit qu'un courant induit tend à s'opposer au mouvement de l'inducteur. De là, tout accroissement brusque dans l'intensité du courant inducteur induit un courant secondaire de sens contraire, et tout affaiblissement brusque du courant induit un courant de même sens. De même le courant inducteur induit dans le circuit secondaire un courant de sens opposé, si on l'en rapproche brusquement, et un courant de même sens si on l'en éloigne brusquement. Les deux effets trouvent leur explication dans le fait que le courant secondaire est coupé par les lignes de force magnétique dans une direction telle, que les conditions énoncées par la loi de Lenz se trouvent réalisées, et les deux effets se produisent, que les lignes de force soient produites par des courants ou par des aimants. De fait, il se développe des courants électriques dans tout circuit fermé, placé dans un champ magnétique, chaque fois qu'il se produit une variation quelconque dans l'intensité de ce champ.

12. — Le moyen le plus efficace pour produire des courants secondaires consiste à se servir de *bobines d'induction;* celles-ci se composent d'ordinaire d'un noyau de fer, consistant en un faisceau de fils de fer doux, pour rendre plus rapides l'aimantation et la désaimantation : autour de ce noyau s'enroule d'abord un circuit primaire de gros fil, ayant une faible résistance électrique ; ce circuit primaire à son tour est entouré par un circuit secondaire, de fil fin, ayant une résistance élevée. Le rapport de l'intensité du courant secondaire à celle du courant primaire, dans le cas de conducteurs de même diamètre, dépend uniquement de la longueur relative des deux circuits, ou, en d'autres mots, du nombre de tours de spire que chacun d'eux renferme ; s'ils sont de dia-

Digitized by Google

mètres différents, le rapport dépend du produit du nombre de tours par leur résistance. C'est un fait remarquable que l'énergie dans chacun des deux circuits primaire et secondaire est, à très peu de chose près égale ; en réalité, dans une bobine théoriquement parfaite, elle serait exactement égale ; mais à cause de défauts, mécaniques et magnétiques, il n'y a pas moyen d'atteindre entièrement à cette perfection. L'énergie d'un courant dans une bobine à un moment quelconque a pour expression le produit de la force électromotrice (E) aux bornes de la bobine par le courant lui-même (C). Ainsi on a $W = EC$.

De là dans une bobine théoriquement parfaite :

$$E_1 C_1 = E_2 C_2$$

ou :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

Soit e la F. E. M. (= force électromotrice) de chaque tour de fil dans chacune des deux bobines (car en pratique on peut considérer toutes les spires comme égales entre elles et comme étant situées dans le même champ), alors, en désignant par n le nombre de spires.

$$E_1 = n_1 e$$
$$E_2 = n_2 e$$

D'où :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{C_2}{c_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Nous pouvons donc régler à volonté le rapport de la F. E. M. et du courant en faisant varier le nombre relatif des tours de fil. En augmentant le nombre de tours et par suite la résistance dans le circuit secondaire, nous pouvons obtenir un courant induit aussi faible et une F. E. M. aussi élevée que nous voulons. C'est là ce qui explique les effets surprenants de la bobine de Ruhmkorff.

13. — Une cause perturbatrice remarquable de cette perfection théorique, c'est la présence d'un effet secondaire dans toutes les

Digitized by Google

bobines, effet qui est dû à l'inertie électro-magnétique. Prenons une hélice et faisons-y passer un courant; considérons une seule des spires : cette spire développe un champ magnétique, constitué par les rayonnements des lignes de force; celles-ci passent entre toutes les autres spires dans une direction telle qu'elles produisent une F. E. M. contraire au courant inducteur; chacune des autres spires agira de la même façon : elles tendent toutes à faire naître une F. E. M. totale qui s'oppose au mouvement du courant primaire et qui varie avec le carré du nombre de tours (n^2). Lorsque le courant primaire cesse, l'action contraire a lieu : la F. E. M. développée par le mouvement des lignes de force dans le sens contraire, agit dans le même sens que le courant inducteur et tend à prolonger celui-ci. Ce phénomène, auquel on a donné le nom de *self-induction* ou induction des courants sur eux-mêmes, a pour effet de retarder la vitesse d'accroissement de l'intensité du courant au moment où il s'établit, et la vitesse de sa diminution quand il cesse, et il modifie de cette manière la production des courants secondaires. Il est grandement affecté par la masse et la disposition du fer présent : aussi a-t-on recours à des faisceaux de fil de fer doux pour faciliter la disparition rapide du champ magnétique.

Les effets de la self-induction sont très prononcés avec des courants alternatifs de périodicité rapide et à mesure que nous avancerons dans notre sujet, nous verrons qu'ils affectent considérablement la netteté d'articulation des téléphones et constituent un obstacle sérieux à l'efficacité du service. Les effets ne sont pas limités à une spire ni même à l'appareil. Il est impossible pour un circuit quelconque d'établir instantanément un courant à son maximum d'intensité et de le faire cesser brusquement. La self-induction limite donc de cette manière le nombre de courants que l'on peut transmettre par seconde. Tout circuit, qu'il soit en spirale ou non, a un coefficient de self-induction désigné par L et une constante de temps $\frac{L}{R}$ qui permet de déterminer au moyen du calcul l'effet de l'inertie électro-magnétique. La F. E. M contraire développée agit comme une résistance et on l'appelle quelquefois une *fausse résistance;* elle diffère cependant d'une résistance réelle en ce qu'elle ne cause pas de perte d'énergie par l'échauffement

Digitized by Google

des conducteurs ; elle accumule l'énergie ou la transforme en énergie potentielle. Elle obstrue pour ainsi dire et engorge une bobine, lorsque celle-ci est traversée par des courants périodiques ou alternatifs et nous verrons plus tard comment on utilise en pratique cet effet si fâcheux en apparence.

Digitized by Google

CHAPITRE III

LE TÉLÉPHONE BELL

14. — Tout téléphone, quelle que soit du reste sa construction, se compose de deux parties distinctes :

1° Le *transmetteur*, qui transforme l'énergie des vibrations sonores produites par la parole de celui qui parle en courants périodiques lancés sur la ligne ;

2° Le *récepteur*, qui, comme le nom l'indique, reçoit les courants périodiques et les transforme à nouveau en vibrations sonores, qui parviennent à l'oreille de celui qui écoute.

Les propriétés caractéristiques des téléphones magnétiques sont : 1° l'identité et réversibilité absolue du transmetteur et du récepteur ; et 2° le fait qu'ils présentent un système magnétique complet mis en action sans le secours d'aucune pile électrique.

Le premier et le plus simple de tous les téléphones magnétiques est le téléphone Bell.

La première forme de cet instrument, construite par M. le professeur Graham Bell, en 1876, est représentée par la figure 4[1]. Une harpe de tiges d'acier était attachée aux pôles d'un aimant permanent NS. Lorsque l'une quelconque des tiges était mise en vibration, des courants ondulatoires étaient induits dans les bobines de l'électro-aimant E, par suite de la modification du champ magnétique dans lequel celui-ci se trouvait placé. Cette même modification, transmise par le fil L à l'électro-aimant E_1, attirait les tiges de la harpe H_1 avec une force variable, et mettait en vibration celle des tiges qui était à l'unisson de la tige

[1] *Journal of the Society of Telegraphe Engineers*, 1877, october 1[rst].

Digitized by Google

vibrant à l'autre extrémité du circuit. De plus, l'amplitude de la vibration dans la première déterminait l'amplitude de vibration dans la seconde, car l'intensité du courant induit était déterminée par l'amplitude de la vibration modificatrice, et l'amplitude de la vibration à l'extrémité du récepteur dépendait de l'intensité des courants induits. Quand nous chantons dans la caisse d'un piano, certaines cordes de l'instrument, sous l'action de la voix, se mettent à vibrer sympathiquement à différents degrés d'amplitude,

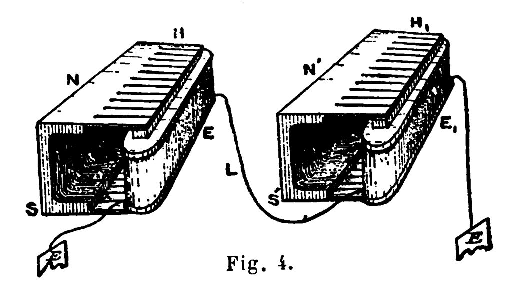


Fig. 4.

et un son, se rapprochant de celui de la voyelle prononcée, est émis par le piano. La théorie montre que les voyelles seraient reproduites parfaitement, si le piano avait un beaucoup plus grand nombre de cordes à l'octave. C'est ce principe qui a guidé Bell dans la construction de son premier téléphone.

Cependant, les frais de construction d'un tel appareil lui firent abandonner sa première tentative et, avant d'aller plus loin dans cette voie, il chercha à simplifier son instrument. Après beaucoup d'expériences plus ou moins infructueuses, il construisit l'instrument représenté par les figures 5 et 6 et qui figurait à l'Exposition de 1876.

Dans cet appareil, le transmetteur (fig. 5) était constitué par

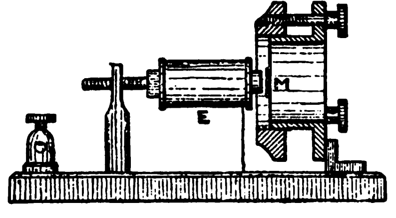


Fig. 5.

un électro-aimant E, traversé par un courant, et une membrane

Digitized by Google

de baudruche M., portant comme une sorte d'armature une pièce en fer doux ; quand la membrane était ébranlée par des vibrations sonores, la pièce en fer doux passait par les mêmes vibrations en face de l'électro-aimant.

Le récepteur (fig. 6) se composait d'un électro-aimant tubulaire E, formé d'un électro-aimant vertical à une seule bobine,

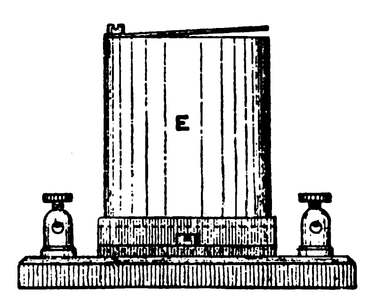


Fig. 6.

enfermé dans une enveloppe cylindrique en tôle ; au-dessus de ce tube était fixée au moyen d'une vis, en guise d'armature, et avec une légère inclinaison, comme la figure l'indique, une mince lame de fer doux, de l'épaisseur d'une feuille de papier, qui agissait comme vibrateur ; un petit pont, placé sur le socle, servait de caisse sonore.

Il faut remarquer toutefois que l'appareil ainsi constitué n'était pas un téléphone magnétique pur et simple, puisqu'une pile, composée de plusieurs éléments, était intercalée dans le circuit de l'appareil. Néanmoins il fut d'une immense utilité, car il permit à Bell et à son ami Watson de faire des études expérimentales sur les communications téléphoniques. C'est cet instrument que sir William Thomson vit en 1876.

15. — Après de nombreuses expériences faites dans l'intention de découvrir empiriquement l'effet exact de chaque élément dans la combinaison, Bell abandonna la membrane de baudruche employée dans l'instrument de la figure 5 et lui substitua une simple feuille de tôle. De plus — et c'est le point le plus important dans l'appareil perfectionné — Bell substitua à la pile électrique un aimant permanent pour produire le champ magnétique. C'est là

Digitized by Google

du reste ce qui paraît avoir été sa première idée, comme le montre son téléphone primitif (fig. 4).

Sous sa forme nouvelle, le téléphone consistait en un aimant permanent à barreau, portant une bobine de fil fin à une extrémité et convenablement monté dans une boîte en bois derrière un diaphragme en fer ; un appareil plus puissant ne tarda pas à être construit, dans lequel un puissant aimant à lames, en fer à cheval, était substitué au barreau droit qui avait été employé auparavant. Comme le montrent les figures 7 et 8, chaque extrémité polaire

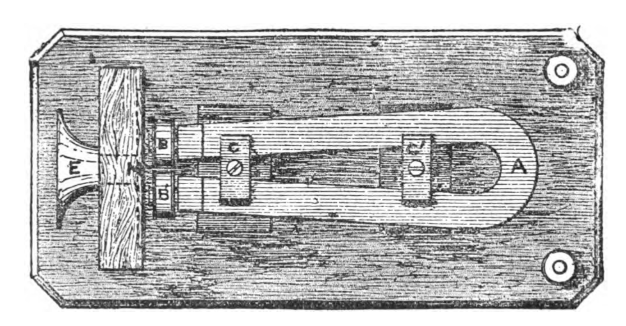


Fig. 7.

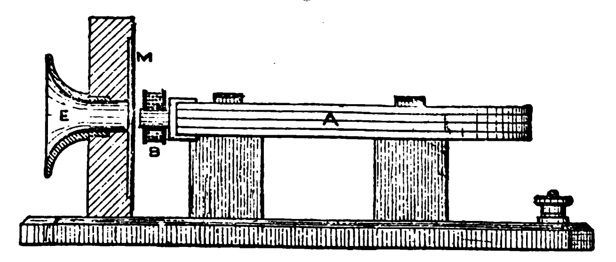


Fig. 8.

de cet aimant portait une petite bobine BB′ et le diaphragme M, constitué par un mince disque en fer, était fixé en face sur un bloc spécial. Derrière le bloc et contre le diaphragme était ménagé un petit espace vide dans lequel la membrane pouvait exécuter ses vibrations ; une ouverture à travers le bloc aboutissait à l'embouchure ou cornet acoustique. En desserrant les pièces d'attache, C, C′, on pouvait régler la position de l'aimant A, par rapport au diaphragme.

Ce téléphone, qui était le premier téléphone magnétique pra-

Digitized by Google

tique, fut exposé à l'*Essex Institute* (Salem, Massachusetts), le 12 février 1877. Un petit discours, prononcé devant un téléphone semblable à Boston, éloigné de 16 milles (25k,6) fut entendu par un auditoire à Salem et les applaudissements enthousiastes de l'assemblée de Salem furent entendus distinctement à Boston.

16. — De la forme représentée par les figures 7 et 8 à la forme actuelle de l'instrument, il n'y a qu'un pas. De fait, la disposition est identique, seulement elle est mise sous une forme portative : le barreau aimanté est placé à l'intérieur d'un manche et on y a adapté une forme d'embouchure mieux appropriée. M. le professeur Pierce, de l'Université Brown, à Providence, Rhode Island, fut le premier à démontrer la possibilité de l'emploi d'aimants extrêmement petits et il inventa aussi l'embouchure représentée par la figure 9.

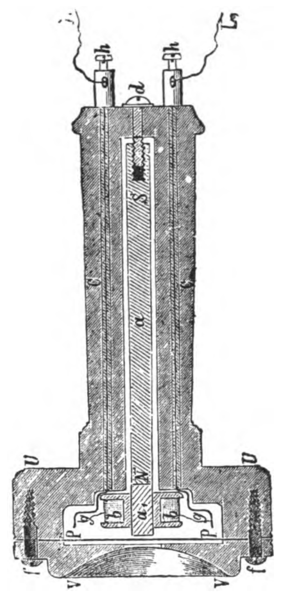


Fig. 9.

Sous cette nouvelle forme, la dernière que l'inventeur ait donnée à l'instrument, celui-ci se compose d'une petite boîte en bois ou en ébonite *cc*, qui renferme l'aimant *a* placé en regard de la plaque vibrante, PP, et qui forme en même temps la poignée de l'instrument. Une vis *d*, placée à l'extrémité du manche, permet de rapprocher ou d'éloigner l'aimant de la plaque vibrante PP, ce qui constitue le réglage de l'appareil.

L'aimant *a* est un aimant permanent, constitué par un barreau hexagonal du meilleur acier, long de 115 millimètres environ et de 12 millimètres de diamètre. Son pôle N, façonné parfaitement cylindrique au tour, porte une petite bobine en bois *bb*, sur laquelle s'enroule du fil de cuivre isolé, généralement d'une résistance d'environ 40 ohms. Les extrémités de cette bobine aboutissent à deux bornes d'attache disposées à l'autre bout de la boîte.

La plaque vibrante qui a un diamètre de 50 millimètres dans

Digitized by Google

sa partie libre, et une épaisseur de un à deux dixièmes de millimètre, est une feuille de fer, protégée contre l'oxydation par une couche de vernis ou d'étain. On a trouvé que la plaque *ferrotype* dont se servent les photographes, est la plus propre pour un diaphragme du diamètre indiqué. L'embouchure *vv* s'ajuste sur la boîte, soit au moyen de vis indépendantes, comme dans la figure 9, soit au moyen d'un pas de vis, ménagé dans l'ouverture. La plaque vibrante est serrée entre l'embouchure et la boîte et tenue en position de cette manière.

17. — L'action du téléphone peut être résumée en quelques mots. Le diaphragme de fer agit comme une sorte d'armature électromagnétique, et tout mouvement qui lui est communiqué modifie le champ magnétique, où se trouve placée la bobine fixée à l'extrémité de l'aimant. Les conditions nécessaires pour un circuit complet sont indiquées dans la figure 10, où les parties des téléphones en S_1 et S_2 sont désignées par les mêmes lettres que dans la figure 9.

Lorsqu'on parle dans l'embouchure du téléphone en S_1, la plaque M est mise en mouvement vibratoire harmonique. Ces mouvements vibratoires modifient le champ de l'aimant A et donnent ainsi naissance à des courants induits dans la bobine placée à son extrémité. De fait, le téléphone est réellement un générateur d'électricité, un générateur d'une délicatesse merveilleuse, modulant l'intensité des courants périodiques qu'il engendre pour leur faire suivre toutes les ondulations si variables et si compliquées, qui caractérisent les sons articulés.

Les courants périodiques ou ondulatoires ainsi développés dans un téléphone par les vibrations de la plaque sont transmis à un second téléphone placé à une distance quelconque, qui les transforme de nouveau en vibrations sonores. En traversant la bobine B′ du téléphone récepteur, ces courants périodiques augmentent le magnétisme du barreau s'ils la traversent dans un sens favorable à l'aimantation et le diminuent dans le cas contraire ; la plaque M, sous l'influence de ces variations d'aimantation, se rapproche de la bobine quand la force magnétique augmente et s'en éloigne par sa propre élasticité quand la force magnétique diminue ; par

Digitized by Google

suite de ce mouvement ondulatoire, aidé probablement par l'ébranlement moléculaire causé par les courants inducteurs, la plaque du récepteur vibre à l'unisson de celle du transmetteur et reproduit ainsi les vibrations sonores, quoique avec des oscillations sensiblement moindres, et par suite aussi avec une intensité de son affaiblie.

A coup sûr le téléphone est une des plus belles preuves de l'équi-

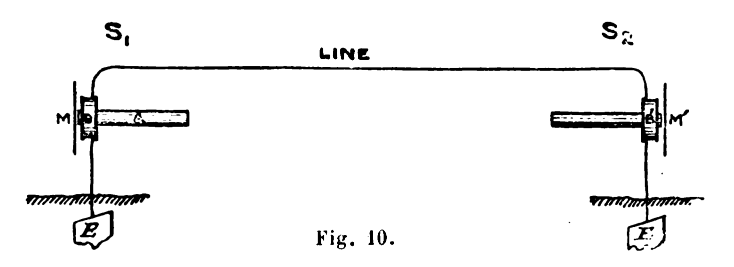


Fig. 10.

libre et de l'unité des forces de la nature, équilibre si bien établi que l'on ne peut produire un changement, si faible qu'il soit, dans l'une d'elles sans provoquer aussitôt un changement correspondant dans toutes les autres. L'effet mécanique produit par l'émission de vibrations sonores est très peu considérable et cependant le téléphone en reproduit l'écho à une distance de plusieurs centaines de kilomètres.

18. — L'extrême sensibilité du téléphone Bell ressort bien de l'expérience suivante faite par le Dr Werner Siemens [1]. Un téléphone Bell, dont l'aimant avait son pôle entouré de 800 spires de fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre et de 110 ohms de résistance, fut placé en circuit avec un élément Daniell. Un commutateur intercalé dans le circuit permettait de produire 200 inversions de courant par seconde ; en donnant au commutateur un mouvement continu, on obtenait des ondulations qui produisaient dans le téléphone une crépitation bruyante. La bobine primaire d'un petit appareil d'induction était alors placée dans le circuit du commutateur, tandis que le téléphone faisait partie du circuit de la bobine secondaire : de cette manière, lorsqu'on mettait le com-

[1] De Werner Siemens. *Monatsberichte der Berliner Akademie für* 1878.

Digitized by Google

mutateur en mouvement, les courants induits dans la bobine secondaire agissaient sur le téléphone. Il se produisit un bruit intense, même malgré l'insertion d'une résistance de 50 000 000 ohms; ce bruit restait perceptible à l'oreille quand la bobine secondaire était éloignée jusqu'à l'extrémité de la bobine primaire et qu'on réduisait de cette manière à un minimum l'action inductive de la bobine primaire, jusqu'à la faire même sortir des bornes des mesures exactes.

D'après des expériences récentes de M. Preece [1], un récepteur Bell répond à un courant qu'on peut exprimer de la manière suivante : 6×10^{-13} ampère, ou bien encore : 0,000 000 000 000 6 ampère; c'est-à-dire six dix-mille-millioniémes d'un milliampère.

M. Pellat a obtenu des résultats semblables par une méthode différente. Il chargea un condensateur d'une capacité d'un microfarad, 160 fois par seconde, en le reliant à deux points d'un circuit, puis il le déchargea à travers un téléphone. Soit K la capacité, V la différence de potentiel aux bornes, alors la dépense d'énergie pour n charges et décharges monte à n K V^2. En réduisant V à 0,0005 volt, on entend encore un son dans le téléphone; et cependant l'énergie est si faible qu'elle ne parviendrait à produire une petite unité de chaleur gramme-degré (petite calorie) qu'au bout de 10 000 ans. Avec cette petite quantité de chaleur donc, on pourrait utiliser le téléphone à reproduire des sons pendant 10 000 ans.

Cette grande sensibilité du téléphone Bell est d'autant plus remarquable que celui-ci effectue une grande variété de transformations d'énergie. Les organes de la parole produisent d'abord des vibrations sonores qui, venant à frapper le diaphragme, donnent naissance à des oscillations; celles-ci à leur tour ont pour résultat des modifications rapides dans le champ magnétique et par conséquent la production de courants induits dans la bobine placée dans ce champ. Ces courants induits sont transmis par le fil de ligne à la bobine de l'aimant de l'appareil récepteur; là, en produisant des modifications analogues dans le magnétisme de l'aimant ils donnent lieu, soit par suite de l'attraction de la masse, soit

[1] British Association, Manchester, 1887.

Digitized by Google

par suite d'actions moléculaires, aux vibrations du diaphragme du récepteur. Le diaphragme, en vibrant, communique son mouvement à l'air environnant et donne naissance à des vibrations sonores, qui frappent le tympan de l'oreille. Nous avons ici non moins de huit transformations bien distinctes d'énergie, chacune desquelles est accompagnée d'une certaine perte inévitable. D'autres pertes encore sont causées par l'action inductrice des fils voisins, par des fuites le long des supports des fils, par l'induction électrostatique et électromagnétique, etc. Il est donc tout à fait évident que le récepteur ne peut en aucun cas reproduire avec la même intensité les sons émis devant le transmetteur.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

TRANSMETTEURS A CHARBON

19. — Il est évident que lorsque nous parlons devant un transmetteur Bell, une petite fraction seulement de l'énergie des vibrations sonores de la voix peut être transformée en courants électriques et que ces courants sont nécessairement très faibles. Edison s'appliqua à découvrir des moyens pour augmenter l'intensité de ces courants. Elisha Gray avait proposé de mettre à profit la variation de résistance d'un fil fin de platine, attaché à un diaphragme immergé dans l'eau ; il espérait que la variation d'étendue de la surface en contact ferait varier l'intensité du courant de façon à reproduire des vibrations sonores ; mais il n'est fait mention nulle part que cette expérience ait été tentée. Edison proposa alors d'utiliser la propriété du charbon dont la résistance varie avec la pression à laquelle il est soumis. Il avait découvert cette propriété indépendamment de Du Moncel, qui l'avait cependant mentionnée avant lui et qui l'avait énoncée dans les termes suivants : « La pression exercée entre deux corps conducteurs s'appuyant l'un contre l'autre exerce une influence considérable sur la force du courant » ; et encore : « L'accroissement de l'intensité du courant avec la pression exercée au point de contact est d'autant plus notable que la résistance des conducteurs est plus élevée, que leur dureté est moindre et que leurs surfaces de contact sont mieux nettoyées. »

La revendication de Du Moncel fut reconnue par sir W. Thomson dans les paroles suivantes : « Il est vrai que le principe physique, appliqué par Edison dans son téléphone à charbon et par

Digitized by Google

Hughes dans son microphone est identique ; mais il est aussi identique avec celui employé par Clérac, de l'administration des télégraphes de France, dans son tube à résistance variable, qu'il

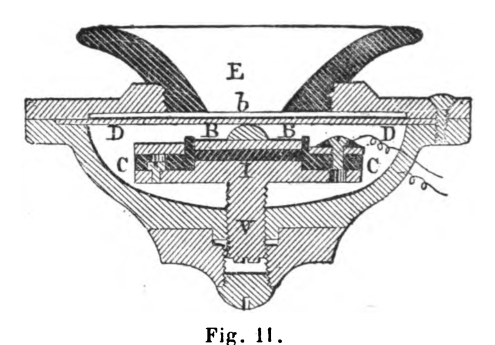


Fig. 11.

avait prêté à M. Hughes et d'autres, en 1866, pour quelques applications pratiques importantes. Cet appareil cependant est entièrement fondé sur un fait énoncé depuis longtemps par Du Moncel, *que l'accroissement de pression entre deux conducteurs en contact produit un affaiblissement de leur résistance électrique.* »

TRANSMETTEUR A CHARBON D'ÉDISON

20. — Le premier transmetteur à charbon fut construit en 1878 par Edison. Après avoir passé par différentes étapes, l'instrument reçut finalement la forme représentée par les figures 11 et 12. Il se compose d'une embouchure en ébonite E, d'une plaque vibrante D, et d'une pastille de charbon I de la grandeur d'une pièce d'un franc, qu'on peut éloigner ou rapprocher de la plaque vibrante au moyen d'une vis V, disposée à la partie inférieure du transmetteur. Une petite lame de platine B, surmontée d'un bouton d'ivoire arrondi *b*, vient s'appliquer sur la surface supérieure du disque de charbon. Les vibrations de la membrane sont communiquées au charbon par la petite lame de platine. D'après l'inventeur, les variations de pression produites par ces vibrations font varier la résistance électrique de cette pastille de charbon (intercalée dans le circuit d'une pile et d'un récepteur Bell ordinaire)

Digitized by Google

et la font vibrer synchroniquement avec le diaphragme. En pratique, le courant de la pile, transformé par le transmetteur en courant ondulatoire, traverse le circuit primaire d'une petite bobine d'induction, et donne naissance dans le circuit secondaire à des courants induits, qui excitent le récepteur à l'autre bout.

Le rôle du charbon dans des transmetteurs pareils se réduit,

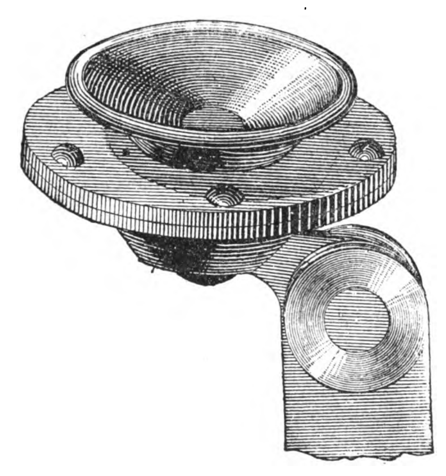


Fig. 12.

comme nous l'avons vu, à produire des variations dans la résistance électrique du circuit; ces variations entraînent immédiatement des variations proportionnelles, mais en sens inverse, dans l'intensité du courant inducteur. Pour une vibration donnée, la variation de résistance du circuit aura une valeur donnée, que nous supposerons, par exemple, être d'un ohm. Si la résistance totale du circuit entier est faible — par exemple de 10 ohms — la variation de 1 ohm introduite dans le transmetteur, fera varier l'intensité du courant de $\frac{1}{10}$ de sa valeur totale, et par suite le récepteur, qui agit sous l'influence de ces variations de courant, vibrera avec une grande énergie, et parlera avec une certaine puissance. Si, au contraire, la résistance totale du circuit est considérable, — 1,000 ohms par exemple — les variations de courant seront seulement $\frac{1}{1000}$ de l'intensité totale : la récepteur vibrera avec moins d'énergie et le son émis sera plus faible.

Digitized by Google

Pour obtenir donc des effets également puissants dans ce cas comme dans l'autre, il faudrait augmenter le nombre des éléments de la pile ainsi que les variations de résistance du transmetteur ; ce qui évidemment ne serait ni pratique ni économique.

21. — Edison surmonta habilement cette difficulté en employant une disposition déjà appliquée en 1874 par Elisha Gray à son téléphone musical. Au lieu d'envoyer le courant sur la ligne, après son passage à travers le transmetteur, Edison le faisait simplement passer à travers le circuit primaire d'une bobine d'induction. L'une des extrémités du circuit secondaire est mise à la terre, l'autre extrémité est reliée à la ligne qui passe par le récepteur et qui se rend également à la terre. De cette manière, le transmetteur n'agit plus que sur une faible résistance, représentée par la pile, le transmetteur lui-même et le circuit primaire; les variations de résistance du transmetteur ont alors une intensité relative considérable : elles se traduisent dans le circuit primaire par des variations correspondantes dans l'intensité du courant et dans le circuit secondaire par des courants induits d'intensité proportionnelle et de tension plus ou moins élevée d'après le calibre du fil et le nombre des spires (§ 12). En vertu de cette dernière propriété, ces courants induits peuvent surmonter des résistances considérables et nous pouvons ainsi téléphoner à de grandes distances avec un courant initial de tension peu élevée. L'action de l'appareil peut être décrite de la manière suivante : En parlant dans l'embouchure E (fig. 11), on fait vibrer le diaphragme ; ces vibrations, par l'intermédiaire du bouton *b* et de la plaque B, produisent des variations de pression dans le disque de charbon I. La résistance du disque de charbon I varie donc exactement comme le nombre et l'amplitude des vibrations du diaphragme. A ces variations de résistance correspondent des variations d'intensité dans le courant de la pile. Ce courant passe à travers le circuit primaire de la bobine d'induction et produit des courants induits dans le circuit secondaire; ceux-ci sont lancés sur la ligne qui aboutit à un téléphone Bell ordinaire au poste de réception. L'effet produit dans le récepteur est exactement le même que dans le cas du téléphone Bell agissant aussi bien comme trans-

Digitized by Google

metteur que comme récepteur, et a été décrit dans les pages précédentes (§ 17).

Le fonctionnement de ce transmetteur à charbon était loin d'être satisfaisant et il est très douteux que l'explication donnée plus haut rende exactement compte de son action. En 1878, M. le professeur Hughes[1] présenta à la Société Royale une communication, par laquelle il fit connaître son microphone ; cet instrument est basé sur un autre principe, à savoir, la variation de résistance dans un contact imparfait quand on y fait passer un courant électrique.

MICROPHONE DE HUGHES

22. — Le microphone est simplement un transmetteur téléphonique, mais il doit le nom qui lui fut donné par son inventeur à son pouvoir de convertir des vibrations de faible intensité en courants ondulatoires, qui, passant à travers un téléphone récep-

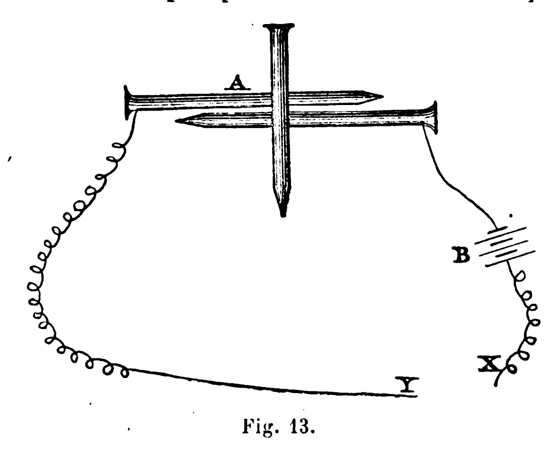


Fig. 13.

teur, produisent des vibrations sonores de beaucoup plus grande intensité que celles de la source primitive. Il joue donc en acoustique, par rapport aux sons faibles, le même rôle que le microscope joue en optique par rapport aux petits objets.

Gardons-nous toutefois de croire que l'analogie entre le micros-

[1] Proceedings of the Royal Society. May 1878.

Digitized by Google

cope et le microphone s'étend au delà de l'effet produit par les deux classes d'instruments ; rien ne prouve que nous avons affaire à une amplification des sons eux-mêmes; au contraire, il semble plus probable qu'il y·ait là plutôt une question de transformation de mouvements moléculaires en vibrations sonores qu'un phénomène d'amplification réelle.

Parmi les diverses formes que le professeur Hughes donna d'abord à l'instrument, il y a celle que représente la figure 13. Il prit deux pointes de Paris, les plaça l'une à côté de l'autre sans les laisser se toucher, puis, mettant les extrémités du fil en contact avec elles et plaçant en travers une troisième pointe semblable

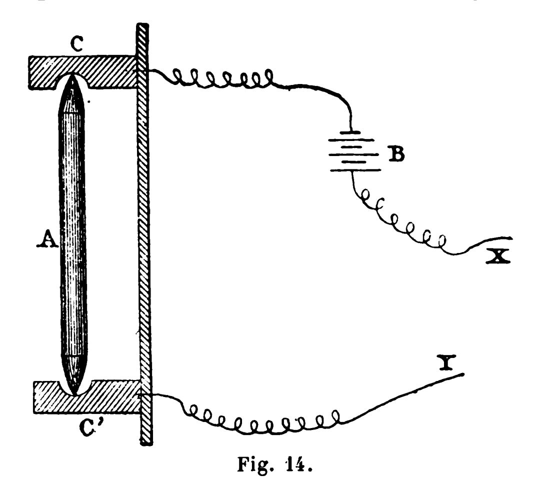


Fig. 14.

aux premières, il put reproduire presque parfaitement le tic tac d'une horloge dans un téléphone intercalé entre X et Y, et, qui plus est, il commença à avoir des indices du son ou de l'intonation de la voix. De fait, l'appareil constitue un réel transmetteur téléphonique. Les paroles prononcées, les airs chantés devant ce petit clou, qui peut danser sur les deux autres aux sons de l'articulation ou de la note émises sont transmis instantanément au récepteur à l'autre extrémité de la ligne avec une netteté et une puissance merveilleuse.

On obtient encore de meilleurs effets avec des baguettes de charbon et l'appareil qui utilise le charbon est encore à l'heure actuelle, à part quelques modifications peu importantes, le micro-

Digitized by Google

phone par excellence. Comme on le voit dans les figures 14 et 15, il se compose d'un petit crayon de charbon de cornue A, terminé en pointe à chacune de ses extrémités, et légèrement soutenu entre deux petits godets circulaires creusés dans deux dés de charbon CC′, qui maintiennent le crayon dans une position verticale; *C* et *C′* sont fixés contre une table mince d'harmonie, placée sur un plateau solide D (fig. 15). Les petits dés *C* et *C′* sont reliés par les fils X et Y à la pile et au fil de ligne qui conduit au récepteur. Cet instrument, dans sa grossière ébauche, est d'une délicatesse surprenante.

Il convertit en vibrations sonores non seulement les sons musicaux et la parole, mais même les oscillations les plus légères, les

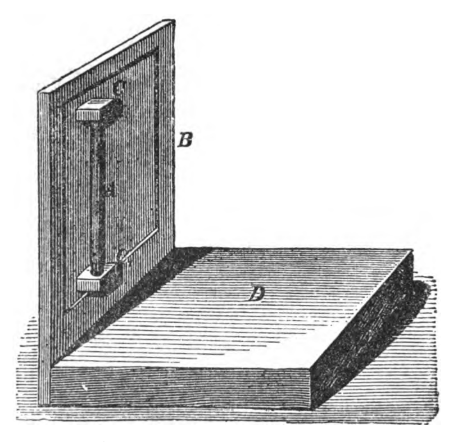


Fig. 15.

bruits presque imperceptibles. Le coup le plus léger, le moindre contact contre le plateau suffit pour produire dans le téléphone un grincement bruyant. Le frôlement d'une barbe de plume promenée sur le plateau, la chute d'une petite balle de coton, produisent dans le récepteur un véritable vacarme; les pas d'une mouche ou de tout autre insecte marchant sur le support s'entendent distinctement à une distance de plus d'un mille (1 kilomètre et demi) du transmetteur.

La différence entre le transmetteur à charbon d'Edison et le microphone sous la forme simple que Hughes lui a donnée est très peu considérable; mais la forme Edison a disparu, et de

Digitized by Google

même que tous les téléphones magnétiques sont plus ou moins des imitations ou des modifications de l'instrument Bell primitif, de même tous les transmetteurs à charbon actuels sont des modifications de l'ingénieux appareil de Hughes.

Le nombre de ces imitations est très considérable ; mais la plupart d'entre elles sont des modifications qui n'ont pas grande valeur pratique.

Il nous est impossible d'examiner tous ces appareils ; nous nous bornerons à la description de ces modifications qui représentent des perfectionnements réels et qui ont donné des résultats satisfaisants dans la pratique.

Digitized by Google

CHAPITRE V

THÉORIE

LE TÉLÉPHONE

23. — La figure suivante (fig. 16) donne une idée générale du champ magnétique (§ 10) qui entoure un téléphone Bell. L'effet résultant du disque de fer est probablement d'amener le pôle en B plus près de l'extrémité de l'aimant. Le disque lui-même devient,

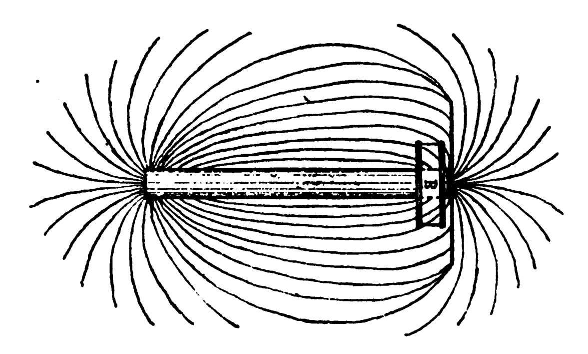


Fig. 16.

pour ainsi dire, une partie du pôle. L'espace circonscrit par la bobine est traversé par les lignes de force et toute vibration ou déplacement du disque fait vibrer ou déplacer ces lignes de force.

Si nous voulons avoir une idée claire de la manière dont se fait la reproduction du son au moyen du téléphone Bell, nous devons examiner ce qui se passe

1° Dans le transmetteur ;

2° Dans le récepteur.

Les vibrations sonores déterminées par la voix et intensifiées

Digitized by Google

par la forme conique de l'embouchure (fig. 8), transmettent leur énergie à la membrane élastique ou diaphragme, et ce dernier reproduit dans ses mouvements, avec toutes leurs variations de hauteur, d'amplitude et de timbre ceux de l'air qui est lui-même mis en vibration par la voix. Les mouvements du diaphragme, qui tantôt se rapproche et tantôt s'éloigne du pôle voisin de l'aimant modifient d'une manière correspondante la distribution des lignes de force magnétique dans le champ où la bobine se trouve placée. Ces variations dans les lignes de force donnent naissance dans le circuit de la bobine à des courants induits de sens et d'intensité variables et ces courants sont transmis par le fil de ligne à la bobine du récepteur.

L'explication des phénomènes que présente le récepteur du téléphone Bell, telle que nous l'avons donnée dans les pages précédentes (§ 17) est considérée par quelques auteurs sinon comme inexacte, au moins comme incomplète. Au lieu d'attribuer la vibration du diaphragme aux seules attractions et répulsions magnétiques du barreau aimanté, les physiciens français inclinent à penser que les aimantations et désaimantations rapides dans le barreau produites par les courants induits donnent lieu à des ébranlements moléculaires dans la masse du barreau, que ces ébranlements se communiquent au diaphragme, et y causent des mouvements oscillatoires qui finalement se traduisent en vibrations sonores.

En mesurant les courants développés dans un téléphone Bell, ils les trouvent beaucoup trop faibles pour rendre raison des effets produits dans le diaphragme du récepteur, si ces effets devaient être attribués uniquement à des attractions. Cette difficulté est purement théorique ; mais elle est confirmée par les expériences d'Ader (§ 27) qui a construit des téléphones sans membrane vibrante et même sans aimant, et a obtenu la transmission de la parole avec des aimants faits de fil de fer fixé à une petite plaque et mis en communication avec une masse métallique. D'ailleurs, les expériences d'Antoine Bréguet, qui remplaça la mince membrane de Bell par des plaques d'une épaisseur de 15 centimètres, indiquent clairement que les effets moléculaires et les attractions magnétiques se combinent pour reproduire les

Digitized by Google

sons du transmetteur. Bref, les actions et réactions, en jeu dans le téléphone, sont moins simples qu'on ne le pensait d'abord et la théorie de cet admirable instrument est loin d'être fixée définitivement.

24. — En France, elle a été l'occasion d'un déploiement considérable d'ingéniosité, d'expériences et de discussions. Du Moncel, qui l'a étudiée avec beaucoup de soin, aboutit aux conclusions suivantes [1] : Il existe dans le téléphone Bell plusieurs modes de reproduction de la parole :

1. Les vibrations moléculaires du noyau magnétique et de son armature, vibrations déterminées par leurs aimantations et désaimantations alternatives sous l'influence des courants ondulatoires ;
2. Les vraies attractions électro-magnétiques de la masse du diaphragme ;
3. L'action réciproque des spires de la bobine d'induction ;
4. La réaction mutuelle entre la bobine et le barreau aimanté ;
5. La transmission mécanique des vibrations du système électro-magnétique par les différentes parties accessoires constituant l'appareil téléphonique.

Mercadier [2] pense que le diaphragme est animé de deux sortes de mouvements, les uns moléculaires, et les autres affectant la masse de la membrane. Les premiers sont indépendants de la forme, comme la résonance d'un mur ; les derniers sont transversaux, et agissent comme un tout, à la manière de la peau d'un tambour. Il remplaça le diaphragme en fer d'un téléphone Bell, par une feuille de papier, de carton fin, de mica, de verre, de caoutchouc vulcanisé, de zinc, d'aluminium, de cuivre, etc., et aboutit à la conclusion que dans le téléphone magnétique, employé soit comme transmetteur, soit comme récepteur, le diaphragme de fer n'agit jamais comme un corps sonore vibrant dans son ensemble : il vibre comme une réunion de parcelles, animées chacune de mouvements indépendants.

Il y a cependant, comme Géraldy le fait remarquer, certains

[1] Du Moncel. *Le Téléphone*, 4e édition.
[2] *La Lumière Electrique*, 1886, p. 246.

Digitized by Google

faits démontrés par la téléphonie pratique, qui ne peuvent être expliqués ni par cette théorie, ni par aucune autre donnée jusqu'à présent. Comment se fait-il que des téléphones multipolaires (§ 32), c'est-à-dire ceux où le diaphragme vibrant est en présence de plusieurs pôles d'aimant, n'ont pas une supériorité nécessaire sur les téléphones unipolaires? Si toutes les parcelles du diaphragme sont en mouvement, si chacune d'elles reproduit pour sa part la vibration articulée de la parole, il y a un avantage direct à utiliser tous ces mouvements, à employer toutes ces molécules, à modifier le champ magnétique ; à défaut d'un seul pôle assez large, l'emploi de plusieurs pôles semble indiqué ; et cependant leur emploi ne réussit pas mieux que celui d'un seul pôle. De même, pourquoi plusieurs téléphones, recevant en même temps la voix et agissant sur la même ligne, ne donnent-ils pas de résultats sensiblement meilleurs qu'un seul ?

Les vues de Du Moncel et de Mercadier n'ont pas été généralement acceptées, et nous regarderons comme une explication suffisante l'idée que le diaphragme d'un téléphone Bell sous l'action des attractions et des répulsions magnétiques se comporte simplement comme un corps sonore soumis à des mouvements harmoniques et communiquant ces mouvements en forme de vibrations sonores à l'air environnant.

La théorie du téléphone a donné lieu à beaucoup de controverses et elle continuera probablement à fournir un sujet intéressant de discussions. Le téléphone lui-même n'en reste pas moins merveilleux dans sa simplicité et étonnant dans ses résultats.

LE MICROPHONE

25. — L'action réelle du microphone ou transmetteur à charbon est également très peu comprise ; il introduit dans un circuit fermé, à travers lequel passe un courant électrique, une résistance qui varie exactement avec l'amplitude des vibrations sonores qui le frappent et donnent au courant un mouvement ondulatoire tout à fait analogue à celui d'ondes sonores d'amplitude variable. Cet effet est généralement attribué à une plus ou moins parfaite inti-

Digitized by Google

mité du contact entre les deux surfaces, appuyées l'une contre l'autre ; mais il reste maintenant fort peu de doute qu'il est la conséquence des effets calorifiques provoqués par le passage de l'électricité entre deux points en contact imparfait dont la distance relative est variable. Le charbon, d'après Shelford Bidwell, est la matière qui répond le mieux au dessein qu'on se propose — d'abord, parce qu'il est inoxydable et infusible ; ensuite, parce qu'il est un médiocre conducteur, et enfin parce qu'il jouit de la propriété remarquable de subir un affaiblissement dans sa résistance à mesure qu'il s'échauffe, à l'inverse de ce qui se passe dans les métaux.

On a tenté d'appliquer l'analyse mathématique à la détermination de la meilleure forme et de la meilleure disposition à donner aux microphones, mais jusqu'à présent le microphone a défié tous les efforts des mathématiciens. Le fait est que les conditions dues à la chaleur dans le microphone et la self-induction dans la bobine d'induction sont très compliquées et ne sont pas encore suffisamment comprises pour faire rentrer les phénomènes qu'ils produisent dans le domaine de l'analyse mathématique.

Des expériences faites par Shelford Bidwell [1] montrent que la dimi[illegible]ion de résistance d'un contact microphonique n'est pas seulemen[illegible] dans les conditions ordinaires à l'accroissement de la pression, [illegible]ncore à l'accroissement de la force du courant qui amplifie le[illegible]s indépendamment de la diminution de la résistance du con[illegible] De plus, Stroh [2] a montré que les variations de courant mentio[illegible]ées tout à l'heure doivent être attribuées a des variations d'épaisseur de la mince lamelle d'air qui sépare les deux charbons.

On pourrait donc expliquer de la manière suivante l'action du microphone : — Le passage du courant entre deux pointes de charbon en faible contact engendre une quantité de chaleur, qui varie avec le mouvement des pointes et fait varier la résistance du circuit ; cette variation de résistance cause une variation dans l'intensité du courant et donne naissance à des courants ondulatoires.

[1] Shelford Bidwell. *La Lumière Electrique*, 17 mars 1883.

[2] Stroh. *Telegraphic Journal*, 17 march 1883.

Digitized by Google

La remarque que nous avons faite par rapport à la théorie du téléphone s'applique avec autant de justesse à celle du microphone : — celle-ci également est loin d'être établie avec un degré quelconque de certitude.

Hughes expliquait la variation de résistance par une variation dans l'étendue de la surface de contact — c'est-à-dire que, par suite du changement de position du faible contact produit par les vibrations sonores, un nombre plus ou moins considérable de molécules prennent part à la transmission du courant.

Cette explication n'exclut pas du tout la théorie donnée plus haut. Au moins on peut concevoir que la chaleur puisse aider l'action des vibrations sonores. M. le professeur Hughes semble disposé à admettre l'existence de petits arcs électriques aux points de contact. Il y a bien des phénomènes, par exemple le sifflement et le bourdonnement, qui sont dus évidemment à ce qu'on appelle l'effet de Trevelyan et qui sont par conséquent compatibles avec l'hypothèse de la chaleur. De fait, un transmetteur continuellement en usage s'échauffe sensiblement.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

TÉLÉPHONES RÉCEPTEURS

Les instruments qui trouvent place dans ce chapitre sont tous plus ou moins des modifications ou des imitations du téléphone Bell primitif ; nous nous bornerons à la description de ceux qui offrent quelque intérêt, soit à cause de leur efficacité plus grande, soit à cause de certaines nouveautés dans leur construction, soit enfin à cause de l'usage qui en est fait en pratique.

26. — Une modification importante du téléphone Bell est :

LE TÉLÉPHONE GOWER

La principale différence entre cet instrument et le téléphone Bell consiste dans la forme semi-circulaire de l'aimant, comme on peut le voir dans la figure 17. L'aimant en fer à cheval NOS, qui est en acier, est très puissant malgré ses petites dimensions. Chaque pôle supporte une petite pièce de fer oblongue, sur laquelle est fixée la bobine. Le tout est enfermé dans une boîte aplatie en laiton dont le couvercle porte le diaphragme M. Cette membrane est un peu plus épaisse que celle du téléphone Bell ; elle est maintenue sous le couvercle par une bague et quelques vis réparties sur la circonférence.

Gower employait, au lieu de l'embouchure téléphonique ordinaire, des tuyaux acoustiques flexibles comme ceux des porte-voix.

Pour l'avertissement, Gower employait une disposition spéciale

Digitized by Google

représentée à part par la figure 17 en demi-grandeur naturelle. Elle comprend un tube A, recourbé à angle droit, et fixé à la membrane M. Le tube, qui ouvre par un bout sur le diaphragme, et par l'autre dans la boîte du téléphone, contient une anche vibrante L. En soufflant dans le tuyau acoustique, on fait vibrer l'anche et elle communique sa vibration à la plaque du téléphone beaucoup plus efficacement qu'on ne pourrait le faire en criant dans l'embouchure. Ces vibrations énergiques produisent des cou-

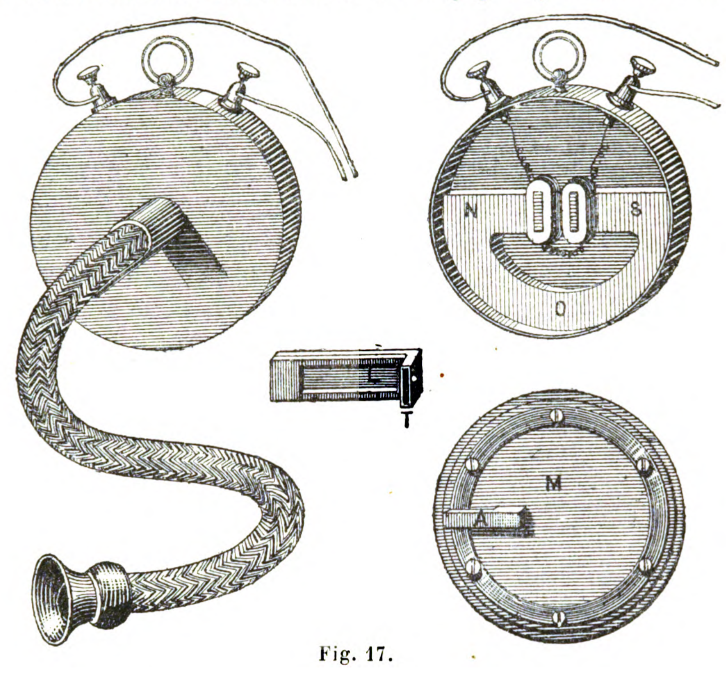


Fig. 17.

rants induits puissants, qui se traduisent dans le récepteur par des vibrations correspondantes et causent ainsi un bruit relativement intense. En munissant l'appareil d'un grand cornet résonnateur, on peut entendre la parole à la distance de plusieurs pieds. L'addition du tube A sur la membrane ne trouble en aucune façon la netteté de la transmission.

C'est ce récepteur qui est en usage au bureau central des postes d'Angleterre (§ 35).

Digitized by Google

TÉLÉPHONE ADER[1]

27. — Ce récepteur téléphonique est beaucoup employé en France, en Belgique et en Autriche. Il se compose, comme on le voit dans la figure 18, d'un aimant circulaire A, qui sert en même temps de poignée à l'instrument. Deux bobines sont enroulées sur les noyaux BB, fixés aux deux pôles de l'aimant, disposition semblable à celle de l'appareil précédent. Cependant Ader a ajouté à ce téléphone un anneau en fer doux XX, placé en avant de la plaque vibrante MM, et auquel il a donné le nom de *surexcitateur*. L'objet de cet anneau de fer est d'exciter plus énergiquement, au moyen de l'induction magnétique, le pôle de l'aimant placé vis-à-vis. Ce fut Du Moncel qui en 1878 donna le premier la théorie de cette réaction magnétique. Il découvrit que plus la masse de l'armature d'un aimant se rapproche en grandeur de celle de l'aimant, plus leur action inductrice réciproque est puissante, jusqu'à ce qu'elle atteigne un maximum quand les deux masses sont égales.

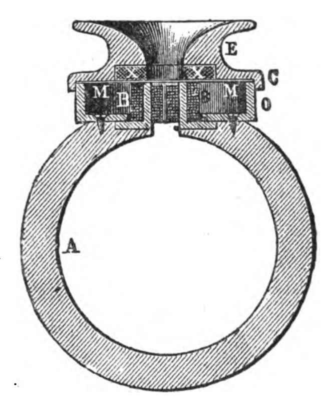


Fig. 18.

Si on interpose une mince lame de fer entre les deux masses, on trouvera qu'elle est placée dans un champ magnétique intense. On pourrait accroître cet effet en augmentant la masse du diaphragme lui-même, mais alors le résultat serait obtenu aux dépens de sa capacité vibratoire. L'anneau en fer XX concentre les lignes de force perpendiculairement au plan du diaphragme, au lieu de les laisser se disperser. Les variations produites par les courants induits dans le magnétisme de l'aimant ont donc un effet maximum sur la plaque vibrante, dont le centre est placé dans le champ magnétique le plus intense possible, perpendiculairement aux

[1] Sieur. *Etude sur la Téléphonie.*

Digitized by Google

lignes de force. Le téléphone devient ainsi plus puissant et plus sensible aux inflexions extrêmement délicates des ondulations qui constituent le timbre de la voix humaine. Le récepteur téléphonique d'Ader est certainement un des plus sensibles actuellement en usage.

TÉLÉPHONE KOTYRA[1]

28. — La fabrication des aimants en fer à cheval est assez dispendieuse, et leur ajustement est difficile à cause des déformations qui ont lieu pendant la trempe de l'acier. Il est donc à désirer qu'on trouve un moyen de rendre la construction de téléphones faisant usage de ces aimants assez simple pour qu'on puisse les

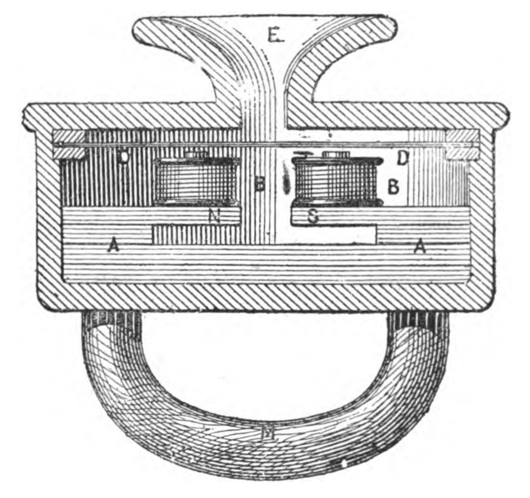


Fig. 19.

livrer au prix des téléphones à aimants droits. C'est ce problème que Kotyra revendique d'avoir résolu avec succès.

Dans ce téléphone, l'aimant M (fig. 19) est constitué par une réunion de petites lames minces d'acier trempé, de différentes longueurs, découpées sur une même barre et réunies de manière à constituer un électro-aimant en fer à cheval. Les extrémités

[1] *La Lumière Electrique*, 1882, vol. VII, p. 527.

Digitized by Google

polaires sont formées par des lames d'acier AA et NS de longueur différente, qu'on peut découper sur la barre ; les dernières portent les noyaux de fer des bobines électro-magnétiques BB. On voit que ce système électro-magnétique, dans lequel aucune pièce n'a besoin d'être forgée, est aimanté lame par lame, et il peut donc fournir une aimantation plus énergique et plus durable que les systèmes avec aimant massif d'une seule pièce. Le reste de l'appareil, où D représente le diaphragme et E l'embouchure, ressemble au téléphone Bell ordinaire.

TÉLÉPHONE D'ARSONVAL[1]

29. — Dans les téléphones à deux pôles et à deux bobines, comme ceux décrits plus haut, il n'y a de vraiment utile, d'après ce qu'on suppose, que le fil placé entre les deux pôles ; la partie du fil qui

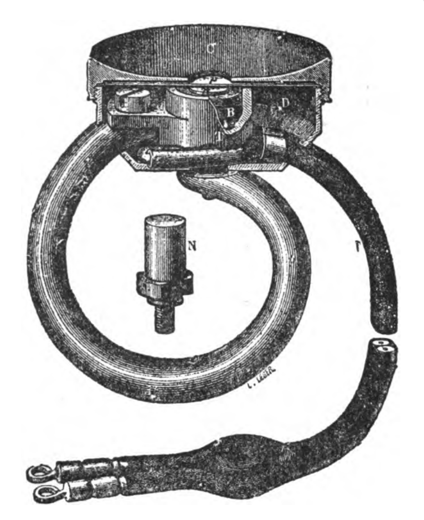


Fig. 20.

se trouve en dehors est presque complètement perdue pour l'induction, et crée simplement une résistance inutile, toutes les lignes de force de l'aimant se trouvant concentrées dans l'espace interpolaire.

[1] *La Lumière Electrique*, 1882, vol. VII, p. 150.

Digitized by Google

Pour soumettre tout le fil à l'induction, d'Arsonval a produit un champ magnétique annulaire, comme dans les électro-aimants Nicklès, en prenant pour centre un des pôles de l'aimant, tandis que l'autre pôle vient l'envelopper circulairement. La bobine d'induction étant fixée au pôle central, toutes les parties du fil se trouvent perpendiculaires à la direction des lignes de force et soumises par conséquent au maximum d'induction.

L'aimant se compose donc d'un élément de spire A (fig. 20), dont une extrémité porte le pôle central *n*, sur lequel se place la bobine B ; l'autre extrémité porte un cylindre de fer T enveloppant de toutes parts cette bobine qui se trouve ainsi noyée dans un champ magnétique circulaire très condensé.

Enfin la boîte D, qui porte le diaphragme en fer, se fixe de la façon la plus simple et la plus solide sans nécessiter aucune vis; elle est simplement pincée entre l'aimant et son noyau, représenté à part en N.

Les bornes ont également été supprimées par un système très simple d'attache du double câble conducteur F.

Sous cette forme, l'instrument complet ne pèse que 350 grammes et donne des effets excellents, eu égard à son faible poids.

TÉLÉPHONE SIEMENS[1]

30. — Cet instrument est le récepteur principalement en usage en Allemagne; il est représenté par les figures 21 et 22.

Sur l'aimant en fer à cheval *mm* sont fixées au moyen de vis deux pièces polaires en acier *ss*. Elles portent les petits noyaux oblongs en fer doux *uu*, sur lesquels s'enroule un fil de cuivre, fin et bien isolé.

L'aimant en fer à cheval est réuni à la plaque *ec* au moyen de la vis *q*, qui passe à travers la plaque de fer *ee*, à travers un bloc de bois fixé à la plaque, et à travers une cheville en laiton au centre du bloc de bois. Par suite, selon que l'on serre ou que l'on desserre la vis, on abaisse ou on élève l'aimant. Deux planchettes

[1] Grawinke'. *Telephonie und Microphonie*, p. 73.

Digitized by Google

hh sont fixées sur les deux côtés aux deux bouts de l'aimant et servent à recevoir les fils *rr* qui sont en communication avec les spires des deux bobines *uu*. Les fils *rr* vont aboutir à deux boutons

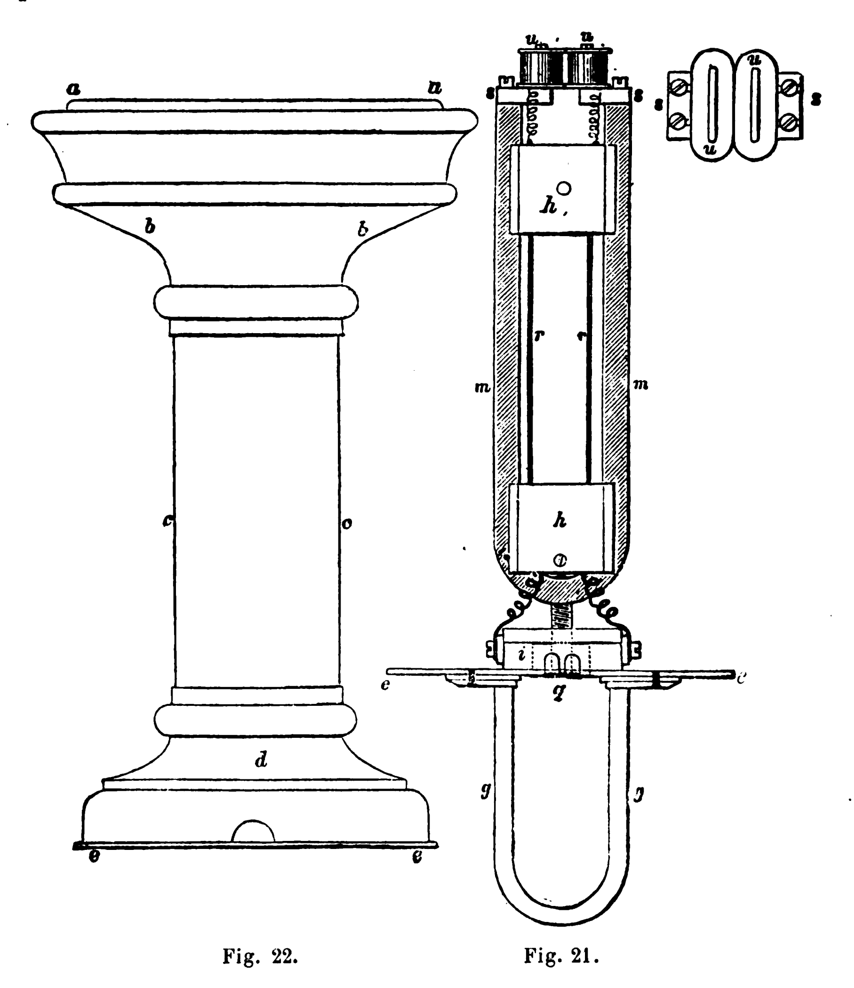


Fig. 22. Fig. 21.

d'attache fixés aux deux côtés du bloc *i* et les fils de ligne partent de ces boutons. Un crochet en fer *gg* pour la suspension de l'instrument est fixé à la plaque *ee*.

L'ensemble du mécanisme est disposé dans un tube cylindrique en fer-blanc *cc* (fig. 22), de telle manière que *ee* forme la plaque de fondation de l'appareil. Le tube est surmonté d'une pièce *bb*, au-dessus de laquelle il est fermé intérieurement au moyen d'une

Digitized by Google

mince rondelle de tôle. L'appareil se termine dans une embouchure conique *aa*, en bois poli, au centre de laquelle il y a une ouverture circulaire, garnie de laiton.

La distance, qui sépare l'aimant de la lame, est réglée au moyen de la vis *q*, disposition qui a été adoptée dans bon nombre d'autres téléphones. L'appareil de Siemens, comme les trois précédents, ne diffère du dernier modèle de Bell que par la forme de l'aimant qu'il emploie. L'aimant droit unipolaire a été remplacé par un aimant en fer à cheval; la membrane de fer est aussi plus grande et plus forte que celle de l'instrument Bell.

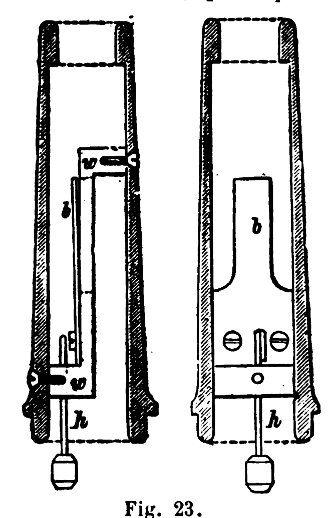


Fig. 23.

Le signal d'appel est donné par un petit sifflet ou anche; quand on souffle devant le diaphragme du transmetteur, il se produit un son perçant plus que suffisant pour le but qu'on se propose.

Le sifflet (fig. 23) se compose d'un tube conique en caoutchouc durci, à l'intérieur duquel est fixée au moyen de vis une pièce métallique en forme d'équerre. Une anche vibrante *b* est fixée par une extrémité à la pièce *ww* et reste libre de vibrer par son extrémité supérieure. La partie inférieure de l'équerre *ww* est perforée, et dans la perforation joue une tige *h* munie d'un petit battant.

En soufflant dans l'anche, qui est fixée au sommet de l'appareil, on détermine un son comme celui d'une trompette d'enfant; le battant qui touche la plaque de fer dans ses courses aller et retour amplifie les vibrations de la dernière, de manière que le récepteur émet un son intense et strident.

TÉLÉPHONE NEUMAYER[1]

31. — Cet instrument est employé sur les lignes téléphoniques de la Bavière et constitue l'une des modifications les plus heureuses

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, 1884, n° VIII, p. 339 (fig. 7, § 51).

Digitized by Google

du téléphone Bell primitif. L'aimant (fig. 24) *mm* est formé de cinq baguettes cylindriques du meilleur acier trempé. Le pôle opposé au diaphragme est construit de la manière suivante. Nous avons expliqué au § 12 comment par l'introduction d'un faisceau de fil de fer doux dans un noyau d'un électro-aimant, on augmente considérablement l'action inductrice de la bobine. Neumayer réunit donc en faisceau des morceaux de fil de fer très fin (tel qu'on en emploie pour tenir ensemble les fleurs d'un bouquet), d'une longueur de 3 centimètres et il soude ce faisceau dans un cylindre à parois minces en laiton. La moitié supérieure du faisceau est introduite dans la bobine, tandis que la moitié inférieure réunit entre eux les aimants en acier, aussi étroitement que possible. Les baguettes en acier sont maintenues en position par un anneau en laiton *f*. Pour rendre aussi constante que possible la distance entre le pôle et la membrane, que les variations de température tendent à altérer, et pour pouvoir se passer ainsi d'un réglage spécial du récepteur, le cylindre de laiton entourant le faisceau de fil est fixée sur la boîte de laiton au moyen d'un pas de vis; la distance entre l'aimant et la membrane est ainsi rendue indépendante des variations de longueur des baguettes d'acier. Ces dernières sont entourées d'un revêtement en bois, qui est fixé à la partie inférieure de la boîte de laiton. Toutes les parties métalliques visibles sont nickelées. La membrane a une épaisseur de 3 millimètres et repose par son pourtour où elle est épaisse de 2 millimètres sur le bord de la boîte métallique. Elle est tenue en position de la façon ordinaire par l'embouchure en vulcanite *v*, qui s'ajuste sur la partie supérieure de la boîte, au moyen d'un pas de vis. Les spires de la bobine sont en fil de cuivre de 0,1 1 millimètres et ont une résistance de 100 ohms environ.

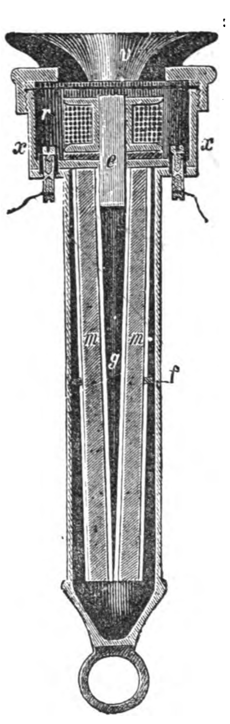


Fig. 24.

Digitized by Google

TÉLÉPHONE DE GOLOUBITZKY[1]

32. — Partant de ce fait que plusieurs téléphones placés à la station de réception peuvent reproduire simultanément la parole, sans qu'il y ait perte sensible de son dans chacun d'eux, M. Goloubitzky s'est demandé si, en condensant en un seul tous ces télé-

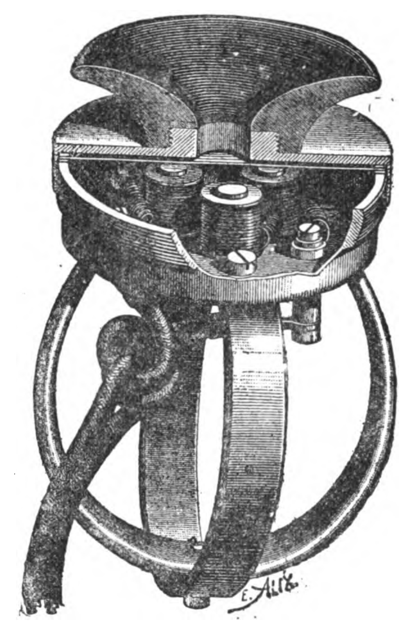


Fig. 25.

phones ainsi séparés, on n'aurait pas un appareil produisant des sons plus énergiques[2]. Dans cet ordre d'idées, il pensa que plusieurs aimants agissant à la fois sur le même diaphragme pourraient résoudre le problème, pourvu que les vibrations provoquées fussent concordantes. Ces considérations ont amené l'inventeur à construire l'appareil, comme le montre la figure 25. Les pôles de deux aimants en fer à cheval, croisés l'un sur l'autre à angles droits, sont placés vis-à-vis du diaphragme, dans la région annulaire correspondant aux centres de vibration; les quatre pôles

[1] *La Lumière Electrique*, vol. VII, p. 503, 1882.
[2] G.-W. Phelps a fait la même chose en Amérique, en 1878.

Digitized by Google

des deux aimants forment les quatre angles d'un carré parfait, les deux pôles de même nom se trouvent placés l'un à côté de l'autre. Le diaphragme est séparé de la boîte cylindrique du téléphone par une petite bague de cuivre placée sur les bords. Il est tendu et maintenu à une distance convenable des quatre pôles magnétiques par le couvercle portant l'embouchure. Le son creux que l'on entend en frappant légèrement sur le diaphragme à travers le trou de l'embouchure est un signe que l'ajustement est parfait. Les bobines des électro-aimants étaient reliées d'abord de manière à correspondre aux deux pôles différents d'un même aimant, et les deux paires de bobines sont ensuite réunies de manière que le courant passe de l'une à l'autre en tension.

TÉLÉPHONE DE BOETTCHER[1]

33. — Ce téléphone magnétique était exposé à Vienne en 1883. Il agit à la fois comme transmetteur et comme récepteur. Il se

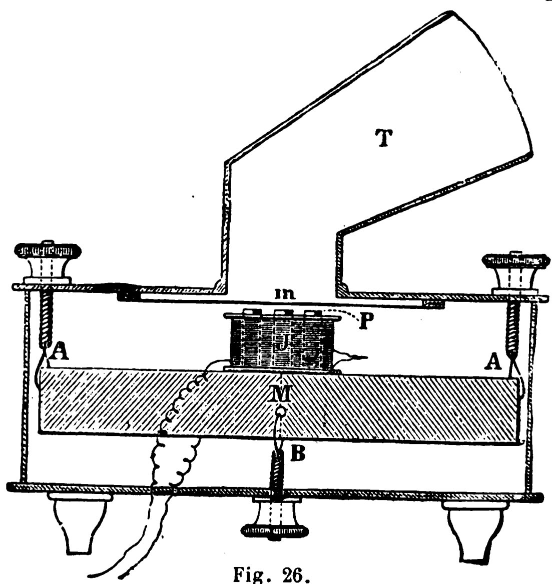


Fig. 26.

compose (fig. 26) de deux aimants en fer à cheval AMA, réunis

[1] *Bericht über die Internationale Electrische Ausstellung.* Wien, 1883, p. 254.

par leurs pôles de même nom, et suspendus entre le fond élastique de la boîte et la membrane par des boucles de fil élastique de telle manière qu'on puisse les ajuster au moyen de petites vis. Pour obtenir des changements rapides et complets de magnétisme, chacune des deux pièces polaires est formée de trois tiges de fer séparées P, qui sont entourées par les deux bobines F. Au-dessus de ces noyaux de fer il y a la lame de fer *m*, à la distance d'un demi-millimètre. Lorsqu'on parle dans le téléphone à travers le tube T, non seulement la membrane mais aussi les aimants suspendus sont mis en vibration, et l'effet téléphonique est considérablement renforcé de cette manière. La boîte métallique du téléphone est supportée par des pieds ; une embouchure T en forme de pavillon surmonte la membrane.

LE RÉCEPTEUR BELL DE L'ADMINISTRATION DES TÉLÉPHONES DE SUISSE

34. — Grâce à des perfectionnements continuels et à une fabrication soignée, on dit que cet instrument a été porté à un degré de perfection qui n'a son pareil dans aucun autre récepteur Bell en usage actuellement.

La figure 27 représente le récepteur en section longitudinale et l'aimant composé en élévation de côté. Tout l'appareil est renfermé dans une boîte en ébonite poli, qui a une épaisseur d'au moins 2 millimètres et demi, sur toute son étendue. L'embouchure A, qui s'ajuste sur la boîte au moyen d'un pas de vis, maintient la membrane sur toute sa circonférence dans une position fixe. Celle-ci a un diamètre de 57 millimètres et une épaisseur de $\frac{1}{4}$ de millimètre ; elle est formée d'une feuille de fer doux et est couverte d'une mince couche de vernis.

L'aimant est un aimant composé formé de quatre lames de 115 millimètres de longueur ; sa largeur est de 15 millimètres et son épaisseur de 14 millimètres ; il est fabriqué du meilleur acier aimanté et a une force portative de 400 grammes.

Deux pièces polaires (fig. 28) forgées en une seule pièce de fer

Digitized by Google

très doux, sont vissées sur les pôles de l'aimant. Pour qu'elles puissent être fixées bien rigidement, chaque pièce polaire porte un doigt S, qui s'adapte dans une entaille correspondante de l'une des lames.

Le noyau cylindrique en fer de la pièce polaire porte une bobine

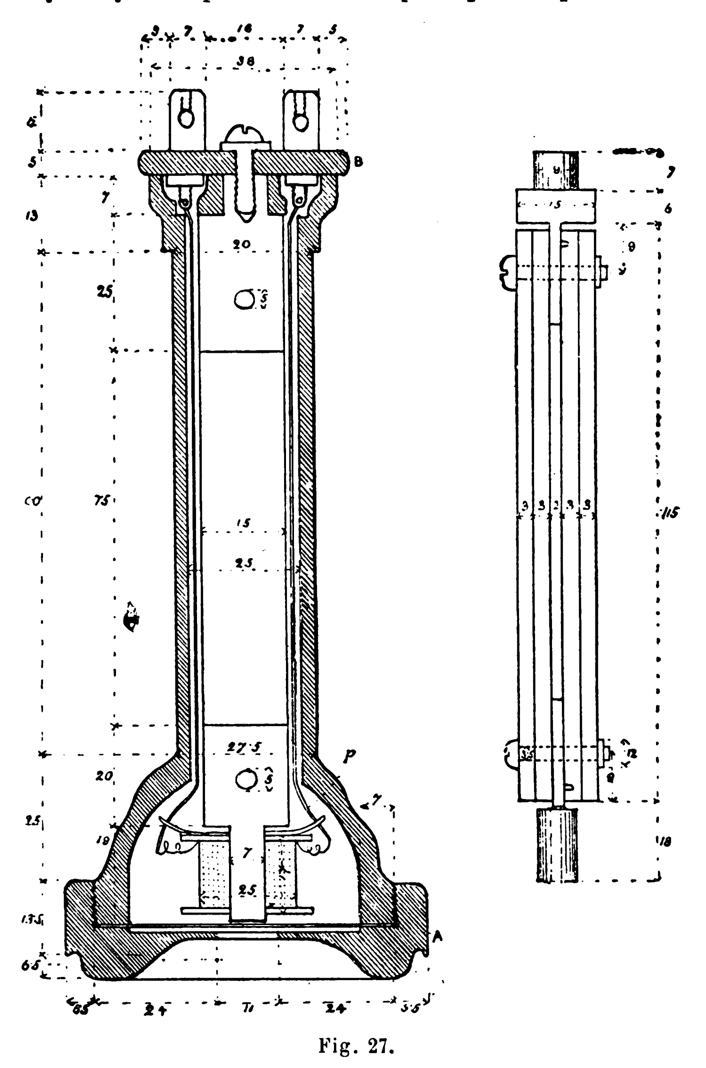
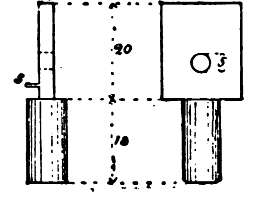


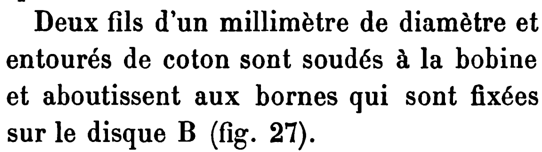
Fig. 27.

dont le fil s'enroule ou bien sur du bois de buis ou bien directement autour du noyau de fer. Le fil est parfaitement isolé de celui-ci dans ce cas, et le noyau porte deux disques en ébonite ou

Digitized by Google

en fibre vulcanisée de 2 millimètres d'épaisseur. La bobine a une résistance maximum de 100 ohms; le diamètre du fil nu est de





0,15 millimètres, n° 38 B. W. G. Il y a 2500 spires sur la bobine.

Deux fils d'un millimètre de diamètre et entourés de coton sont soudés à la bobine et aboutissent aux bornes qui sont fixées sur le disque B (fig. 27).

Le disque B est vissé sur l'aimant.

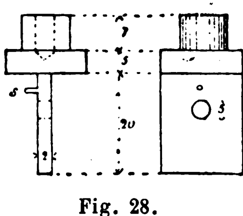


Fig. 28.

Voilà quelques-unes des nombreuses modifications du récepteur Bell introduites dans diverses contrées, mais au point de vue d'une simplicité réelle, de l'efficacité et de l'économie, il est très douteux que la forme primitive imaginée par Bell et décrite au § 16 ait été améliorée. Le téléphone Gower donne peut-être un son plus intense, celui d'Ader peut-être plus sensible, mais 99 p. 100 des instruments actuellement en usage sont des téléphones Bell purs et simples et maintiennent leur supériorité sur tous ceux qui se présentent.

Digitized by Google

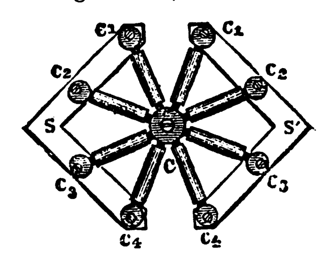
CHAPITRE VII

TRANSMETTEURS A CHARBONS

LE TRANSMETTEUR GOWER-BELL

35. — Ce transmetteur, représenté par la figure 29, se compose de huit crayons ou cylindres de charbon C, supportés entre huit blocs de charbon extérieurs C_1 C_2 C_3 C_4 et un bloc central ; tout l'ensemble est fixé en dessous du diaphragme, qui est une simple planchette de sapin ayant approximativement les dimensions suivantes $22^{cm} \times 12,7^{cm} \times 0,3^{cm}$, et fixée comme le montre la figure 34, p. 60.

Les baguettes de charbon, l'une desquelles est donnée en grandeur naturelle dans la figure 29, sont réunies entre elles, en deux



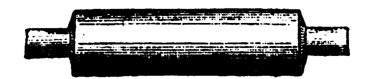


Fig. 29.

groupes de quatre, au moyen de minces rubans de cuivre SS'. Le courant de la pile, en se rendant au circuit primaire de la bobine d'induction, entre dans l'un des groupes de crayons par quatre

Digitized by Google

des blocs extérieurs, passe à travers le bloc central et s'en va par le second groupe de crayons.

Le diaphragme est protégé par une planchette de teck et est muni d'une embouchure en porcelaine.

Le téléphone récepteur est placé dans la boîte du transmetteur

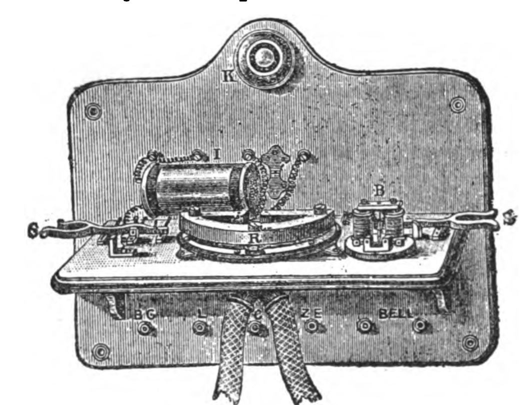


Fig. 30.

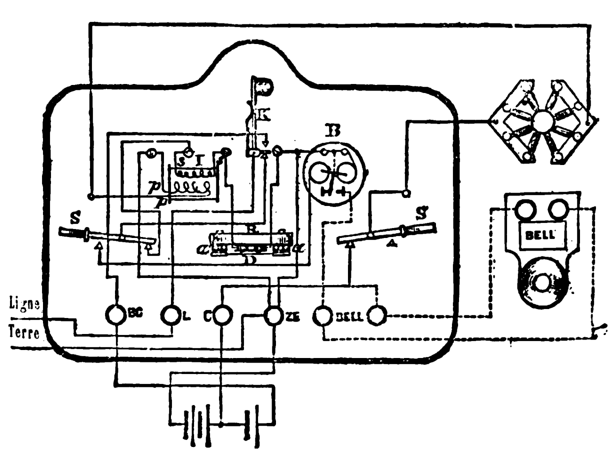


Fig. 31.

même, mais sur une base séparée. Il se compose d'un aimant permanent dont les pôles sont recourbés et rapprochés autant que possible du centre du diaphragme. Les deux petites bobines avec des noyaux en fer doux sont fixées sur l'aimant permanent, chaque pôle en portant une comme le montre la figure 17, § 26.

La disposition générale de l'instrument est indiquée par la

Digitized by Google

figure 30. La figure 31 montre l'ensemble des liaisons électriques. La résistance du circuit primaire de la bobine d'induction est de 0,5 ohms et celle du circuit secondaire de 250 ohms. On emploie deux éléments Leclanché n° 1 lorsqu'on veut transmettre la parole. La résistance du récepteur est de 200 ohms.

TRANSMETTEUR ADER

36. — Les cylindres de charbon ont la même forme que dans le transmetteur précédent, mais ils sont plus nombreux et disposés

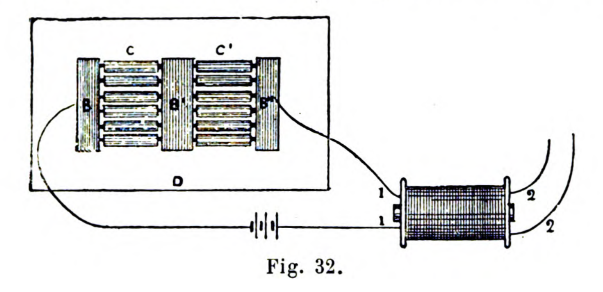


Fig. 32.

entre trois traverses de charbon B B′ B″ (fig. 32 et 33). Le courant de la pile, en se rendant au circuit primaire de la bobine d'induction, entre par la traverse B, passe par le groupe de cylindres C et C′ et s'éloigne par la traverse B″.

Le diaphragme D (fig 33) est une planchette de sapin, qui est

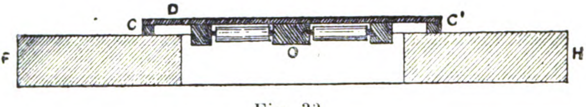


Fig. 33.

exposée comme celle de Gower-Bell, ce qui permet de tenir une conversation à quelque distance de l'appareil. Le diaphragme est fixé à un cadre en caoutchouc, qui à son tour est collé à la planchette F H, évidée en O pour faire de la place aux charbons.

Les variations de contact entre les baguettes cylindriques et les traverses de charbon, produisent, comme nous l'avons déjà fait remarquer, des variations d'intensité de courant dans le circuit primaire de la bobine d'induction. Ces variations s'effectuent de

Digitized by Google

la manière suivante : lorsque le diaphragme vibrant s'abaisse, les traverses B B′ B″ suivent ce mouvement, tandis que les cylindres C C′, par suite de leur inertie naturelle, ont une tendance à rester en place, et c'est ce qui affaiblit le contact entre les cylindres et leurs appuis. Lorsque ensuite le diaphragme se relève, les traverses suivant toujours le diaphragme, pressent plus étroitement contre les cylindres ; comme ceux-ci ont maintenant une tendance à descendre, il se produit un meilleur contact entre les cylindres et les traverses de charbon.

TRANSMETTEUR DE CROSSLEY

37. — Le diaphragme de l'appareil de Crossley (fig. 34 et 35) est une planchette très mince de bois de sapin D, munie dans les coins

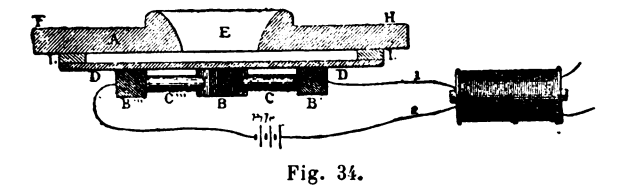


Fig. 34.

de petits bourrelets de liège L ; ceux-ci à leur tour sont collés à une planchette F H, dans le centre de laquelle est fixée l'embou-

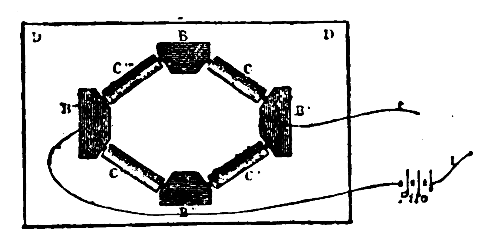


Fig. 35.

chure E. Sous le diaphragme (fig.34) sont fixés quatre blocs de charbon B B′ B″ B‴, entre lesquels sont disposés quatre cylindres de charbon C, C′, C″, C‴.

La figure 35 représente la disposition de chaque cylindre entre deux blocs. On voit que chaque extrémité du cylindre de charbon C, de diamètre moindre que la partie centrale, repose comme

Digitized by Google

dans les transmetteurs précédents, sur le bord inférieur d'un petit creux pratiqué dans les blocs de charbon B B'.

TRANSMETTEUR DE PAUL BERT ET D'ARSONVAL[1]

38. — La disposition des charbons sur le diaphragme du transmetteur (fig. 36) a beaucoup d'analogie avec celle du microphone de Hughes (§ 22), elle n'en diffère que par le nombre de charbons et le mode de réglage.

Dans des trous coniques creusés dans les blocs de charbon B B' B'' sont placés les crayons de charbon C C^1 C^2 C^3, recouverts d'une enveloppe de fer-blanc F et derrière lesquels se trouve un aimant en fer à cheval A, que l'on voit en coupe sur la gauche de

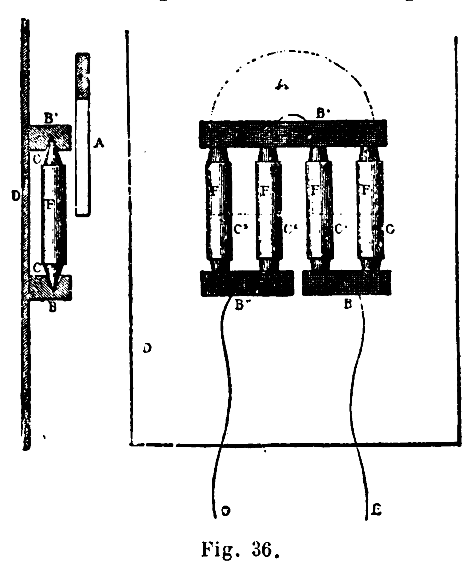


Fig. 36.

la figure 36 et en pointillé sur la droite. Cet aimant, que l'on peut régler facilement en le rapprochant ou en l'éloignant des charbons au moyen d'une vis, attire l'enveloppe en tôle des charbons mobiles de façon, que sous l'influence des vibrations du diaphragme D, leurs contacts sur les blocs B B' B'' se modifient sans rupture

[1] Sieur. *Etude sur la téléphonie*.

Digitized by Google

et produisent les variations de résistance et d'intensité du courant qui ont déjà été expliquées. On voit aussi dans la figure que les cylindres de charbon mobiles sont disposés deux en tension et deux en quantité ; le courant entrant par E passe au bloc B et en même temps à travers les cylindres C et C', ensuite à travers le bloc B', puis de nouveau simultanément à travers le cylindre C^2 et C^3 ; enfin, s'éloignant par le bloc B'', il complète son circuit à travers le circuit primaire de la bobine d'induction dont le circuit secondaire est en rapport avec le fil de ligne, comme dans les systèmes déjà décrits.

TRANSMETTEUR DE BLAKE[1]

39. — Cet appareil est représenté par les figures 37 et 38. Un petit châssis en bois H, évidé au centre de manière à former une embouchure *a*, porte sur la face opposée une bague de fer *rr* (fig. 38), à laquelle sont vissées deux pièces *bb*, aux bouts opposés d'un diamètre. Ces deux pièces sont réunies par le barreau conducteur *c*, qui est maintenu en position, d'un côté par la lame de laiton *m* et de l'autre par la vis *n*. Immédiatement derrière l'embouchure en forme d'entonnoir *a*, est situé le diaphragme en fer *e*. Il y a un intervalle d'environ 2 centimètres entre le diaphragme et le barreau vertical, qui est recourbé à angle droit dans sa partie supérieure. A l'extrémité du bras le plus court du barreau, une pièce soigneusement isolée, fixée par des vis, porte un ressort en acier, mince et flexible, *f*, dont l'extrémité, se terminant en un contact de platine, presse d'un côté contre le diaphragme, et de l'autre, contre une pastille de charbon *k*, attachée à une petite plaque de laiton *p*. Cette plaque *p* est fixée à l'extrémité inférieure

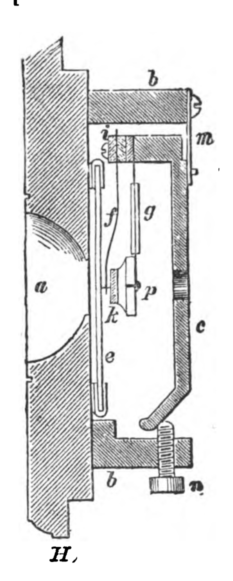


Fig. 37.

[1] Grawinkel. *Telephonie und microphonie*, p. 86.

Digitized by Google

d'une lame de ressort *g* dont l'extrémité supérieure est fixée au bras le plus court du barreau *c*. Le ressort *g*, qui est recouvert de caoutchouc, et le ressort *f* ne sont donc en communication électrique qu'au moyen du contact de platine, puisqu'ils sont séparés

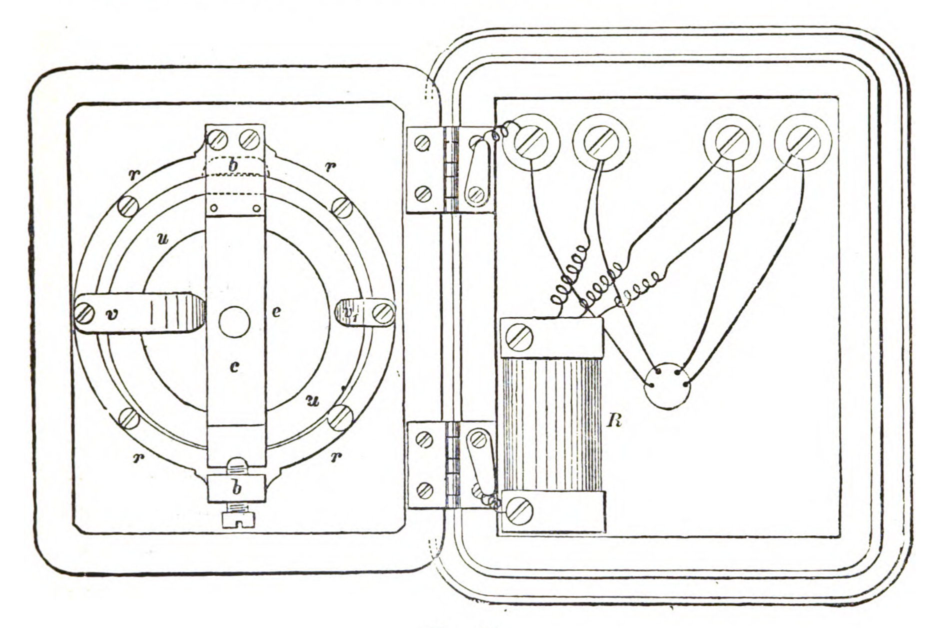


Fig. 38.

à leur bout supérieur par la pièce isolante *i*. Le diaphragme *e* est serré dans l'anneau de caoutchouc *u* (fig. 38) et est maintenu en place par les ressorts *v* et *v'*, qui sont vissés sur l'anneau *r*. Le châssis H forme la porte d'une petite boîte, dans laquelle se trouve placée la bobine d'induction R (fig. 38). Le courant passe d'un des pôles de la pile par le circuit primaire, l'anneau *r*, la pièce supérieure *b*, la lame de laiton *m*, le bras supérieur du barreau *c*, le ressort *g*, la lame de laiton *p*, le disque de charbon *k*, le contact de platine du ressort *f* et retourne à l'autre pôle de la pile. La bobine secondaire est placée dans le circuit de la ligne.

Lorsque le diaphragme est mis en vibration, ces vibrations sont transmises au ressort *f*, de manière que le contact de platine presse plus ou moins fortement contre le charbon qui recouvre une des faces de *p*.

Digitized by Google

Ce transmetteur est d'un usage plus étendu que tout autre, et quoique ce ne soit pas du tout le meilleur, il fonctionne si efficacement qu'il soutient très opiniâtrement la lutte contre tous ses rivaux. Il donne une articulation très distincte pour de petites distances, mais quand on l'emploie pour de longues distances, ses résultats sont inférieurs à ceux de quelques autres (§ 71).

TRANSMETTEUR DE MAICHE[1]

40. — Au centre d'un petit diaphragme D en liège très mince, d'environ 4 à 5 centimètres de diamètre, est fixé un bloc de charbon B (fig. 39), sur lequel repose un petit cylindre de charbon *c*, fixé à l'extrémité inférieure d'un levier coudé L, articulé en O, et dont l'autre extrémité est une vis, munie d'un écrou E en forme de boule qui sert à régler le contact des charbons, en l'éloignant ou en la rapprochant de l'extrémité de la vis. M. Maîche dispose, sur une même planche de bois, trois, quatre ou cinq disques semblables et recouvre le devant de la planche d'une pièce de drap ou de serge.

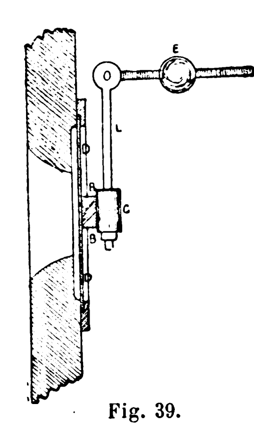


Fig. 39.

D'après les conditions de résistance, les contacts aussi bien qu'un nombre correspondant de bobines sont disposés en quantité ou en tension.

TRANSMETTEUR DE LOCHT-LABYE[2]

41. — Dans tous les transmetteurs décrits plus haut, le diaphragme formé d'une mince plaque métallique ou d'une mince planchette de sapin est maintenu dans une position fixe, soit à chaque coin, soit aux deux bouts opposés d'un diamètre ou enfin

[1] Sieur. *Etude sur la téléphonie.*
[2] Sieur. *Etude sur la téléphonie.*

Digitized by Google

tout autour de ses bords. Dans le système de Locht-Labye (fig. 40 et 41), la planchette de liège est simplement maintenue à sa partie supérieure par deux lames de ressorts très flexibles RR. Sur la partie inférieure de la planchette est fixée un disque de charbon C, contre lequel appuie un butoir métallique en forme de doigt.

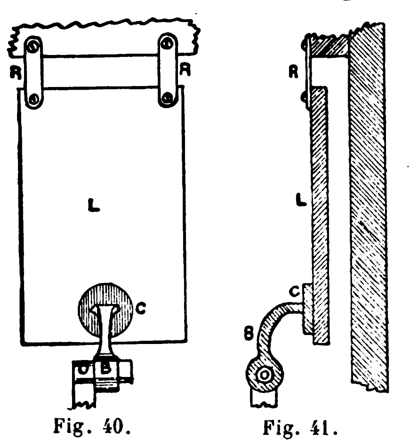


Fig. 40. Fig. 41.

Le contact du disque de charbon contre le butoir ferme le circuit de la pile. Celui-ci passe par le fil primaire d'une bobine d'induction, dont le fil secondaire est relié au circuit de la ligne.

Lorsqu'on parle devant la planchette L, celle-ci est mise en vibration et ses vibrations produisent des variations de résistance au point de contact entre le disque de charbon C et le butoir B.

Le butoir B est articulé en O, afin de permettre le réglage de l'appareil, qui consiste simplement à serrer le butoir contre le disque de charbon juste assez pour prévenir toute rupture de contact pendant les vibrations communiquées à la planchette L sous l'influence de la voix.

Le transmetteur et la bobine d'induction sont placées au fond d'une boîte dont le devant est fermé par une pièce d'étoffe de laine, qui amortit légèrement les vibrations de l'air et prévient ainsi, dans une certaine mesure, les ruptures de contact.

TRANSMETTEUR DE BERLINER[1]

42. — Cet instrument, sous sa forme grossièrement ébauchée, fut patenté par Emile Berliner, de Boston, Mass., dès l'année 1877.

L'appareil peut être considéré comme le type de cette classe de microphones, que l'on appelle *microphones à pendule*, c'est-à-dire

[1] *Bericht über die Internationale Electrische Ausstellung.* Wien, 1883, p. 265.

Digitized by Google

des microphones, qui, comme celui de Maîche (§ 40), ont l'une de leurs pièces de contact suspendues à la manière d'un pendule.

Dans l'instrument, tel que le représente la figure 42 et tel qu'il figura à l'exposition de Vienne en 1883, le contact microphonique du transmetteur est formé par un cylindre de charbon dur *k*, arrondi à l'une de ses extrémités et suspendu à un levier articulé *t*. La pièce de contact *k* repose sur une plaque *c*, également en charbon dur, sur laquelle son poids exerce une pression uniforme et qui est fixée au centre d'un diaphragme circulaire P. Celui-ci est

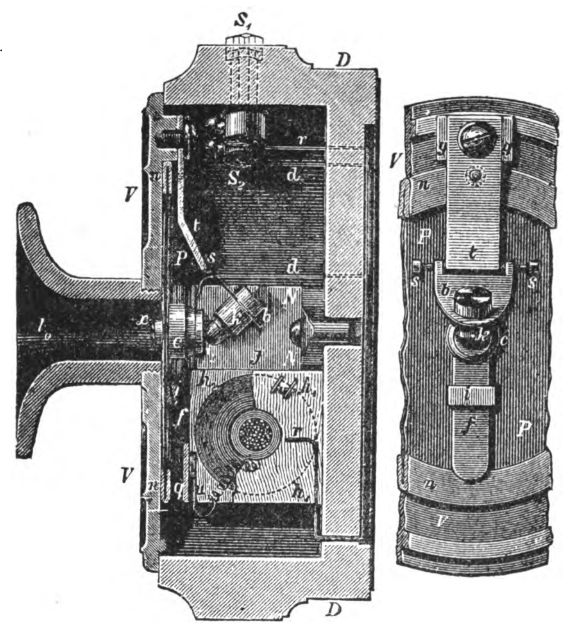


Fig. 42.

entouré sur toute sa circonférence d'un anneau en caoutchouc *n*, afin que ses vibrations soient bien isolées. Au centre du diaphragme les vibrations sont amorties au moyen d'un ressort *f*, recouvert de caoutchouc et intercalé entre le diaphragme et la plaque de charbon. Lorsque l'instrument est fermé, le ressort métallique *f* repose par son extrémité libre, sur un autre ressort *q* et établit ainsi la liaison électrique avec le circuit primaire *r*. En même temps, le ressort *f* presse le diaphragme P contre le couvercle en fonte de la boîte du microphone. Lorsque la boîte est ouverte, le

diaphragme P n'est fixé que dans sa partie supérieure au moyen d'un bras métallique, qui porte également les pièces intermédiaires pour le crayon de charbon *k*.

D'après les conditions de résistance du circuit, on emploie des crayons de charbon plus ou moins lourds. La boîte du transmetteur a la forme cylindrique, et est en bois à l'exception du couvercle. Le courant passe de la borne d'attache S_2 à la pièce métallique qui porte le levier *t*, va de là à travers le charbon mobile *k* au charbon fixe *c*, puis au moyen des deux ressorts *f* et *q* par le circuit primaire à la borne d'attache S_1, pour retourner à la pile. Le fil de la bobine secondaire aboutit à deux bornes d'attache extérieures, qui sont en communication avec les fils de ligne et de retour.

Pour de longues lignes, Berliner emploie un transmetteur spécial de construction semblable, mais avec trois contacts.

TRANSMETTEUR DE BURNSLEY[1]

43. — Les variations de contact entre deux électrodes de charbon *c* et *c'* (fig. 43) s'opèrent par les vibrations de deux membranes *m* et *m'*, également influencées par le son émis à l'embouchure A. L'intensité du contact des deux électrodes est déterminée par la tension du ressort R que l'on peut régler à volonté au moyen d'une vis. On remplit quelquefois l'espace compris entre les diaphragmes d'une sorte de matelas en bourre de coton, destiné à amortir les vibrations anormales de leurs faces en regard, sans nuire à l'effet des sons qui frappent plus directement leurs faces extérieures.

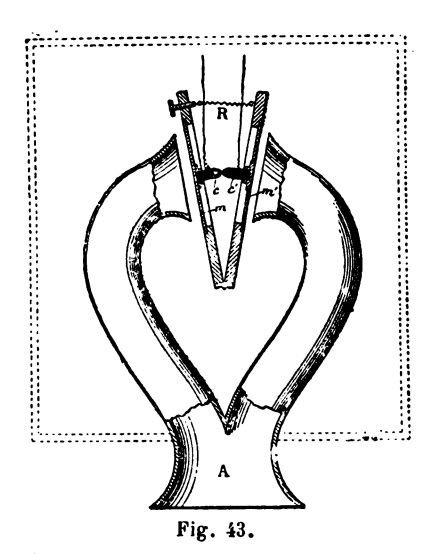


Fig. 43.

[1] *La Lumière Électrique*, n° 5, 1886, p. 210.

Le réglage de l'appareil se fait au moyen du ressort R ou par une inclinaison plus ou moins grande du plan qui supporte l'un des électrodes.

TRANSMETTEUR DE WREDEN[1]

44. — Cet appareil attira beaucoup l'attention à l'Exposition Electrique de Vienne, à cause de sa grande simplicité, jointe à une efficacité remarquable. Il se compose (fig. 44) d'un mince diaphragme de liège T, qui porte l'un des contacts de charbon K, tandis que l'autre, K', est pressé contre le premier au moyen d'un levier GHR. Le réglage du contact des charbons s'obtient, comme dans le téléphone de Maîche (§ 40), en déplaçant un poids G, vissé sur l'extrémité du levier, ou bien en y vissant un poids additionnel; chaque instrument est pourvu de six poids additionnels, qui vont en croissant de 1 décigramme à 1 gramme. Moins le poids additionnel est considérable, plus le contact est faible et plus aussi le microphone devient sensible. On obtient le même effet en rapprochant le poids G des contacts. Une fois que le plus haut degré de sensibilité a été atteint pour certaines conditions propres à chaque instrument, elle reste constante et l'instrument n'a plus besoin de réglage subséquent. Le courant suit le chemin S K K' R H S' et retourne à la pile par le circuit primaire; L est l'embouchure.

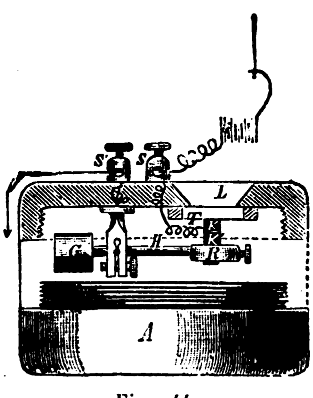


Fig. 44.

Des transmetteurs à contact simple et d'autres à contacts multiples étaient exposés à Vienne; dans le dernier cas les différents leviers (trois, quatre, six et douze en nombre) étaient disposés, soit en tension, soit en quantité, d'après les conditions spéciales de résistance. Pour la reproduction de musique d'orchestre, la liaison en quantité est particulièrement favorable.

[1] *Bericht über die Electrische Ausstellung*. Wien, 1883, p. 275.

Digitized by Google

Notre figure représente un appareil d'un ordre plus élevé ; il se compose d'une boîte qu'on tient à la main en parlant, et il a de un à douze leviers de contact; lorsqu'il doit servir aux scaphandriers dans leurs opérations, la boîte est rendue étanche et est lestée de plomb.

TRANSMETTEUR D'ERICSSON[1]

45. — L'instrument construit par L.-M. Ericsson et Cie, de Stockholm, est représenté par les figures 45 et 46. Il se compose

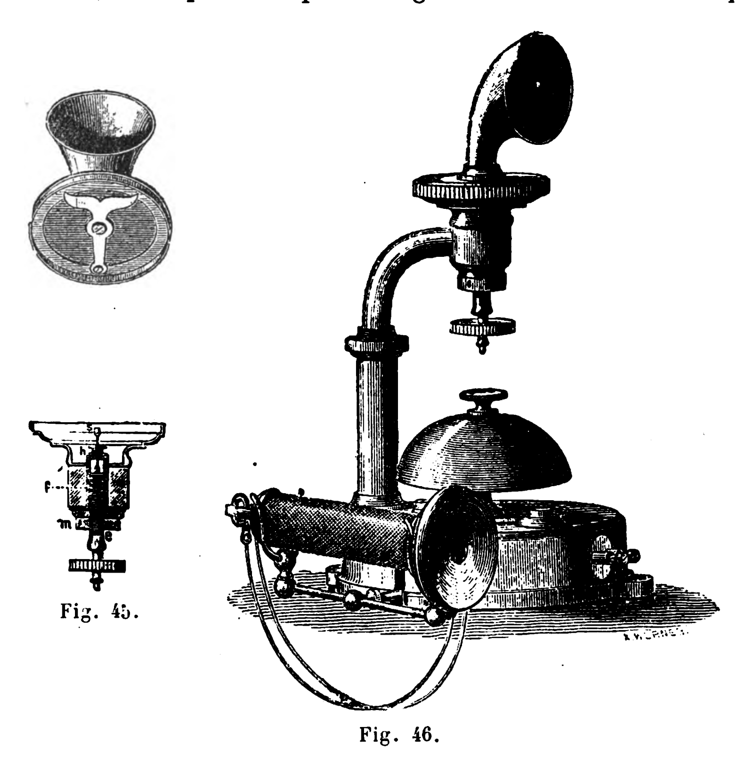


Fig. 45.

Fig. 46.

d'un porte-voix vertical, à l'extrémité inférieure duquel s'adapte une membrane horizontale *s* (fig. 45). Un disque de charbon est attaché au centre de la membrane, qui, comme dans le téléphone

[1] *Bericht über die Electrische Ausstellung.* Wien, 1883, p. 276.

Digitized by Google

de Blake, fait contact avec un bouton de platine ; celui-ci est porté par l'extrémité supérieure d'une tige métallique, relevée par un ressort *f*. Un second contact semblable de charbon et de platine est ménagé à l'extrémité inférieure. Le ressort et la baguette sont tous les deux guidés par la boîte *h*. Le réglage des contacts se fait au moyen de la vis micrométrique *e*, dont l'écrou régulateur se voit en *m*. Comme récepteur, on emploie un téléphone magnétique, et pour les signaux d'avertissement on se sert d'une sonnette polarisée.

TRANSMETTEUR DE FREEMAN[1]

46. — Dans le but de renforcer les effets du microphone, on a essayé de multiplier les variations de courant au moyen de bobines d'induction doubles ou par d'autres actions doubles. On peut ranger dans cette catégorie bon nombre de transmetteurs, et parmi eux celui de Freeman occupe une place distinguée.

Dans ses parties essentielles, il rappelle celui de Blake ; *a a* (fig. 47) est le diaphragme qui presse sur le levier à deux bras,

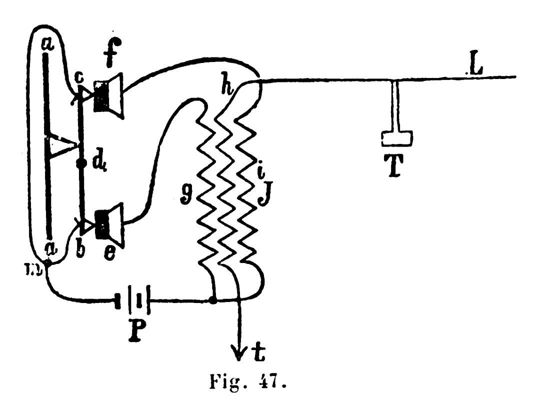


Fig. 47.

b c, et à centre fixe *d*. En *b* et *c* deux contacts de platine pressent sur les pastilles de charbon *e* et *f*. La bobine d'induction J se compose de trois couches différentes de spires. Celles du centre, qui entourent directement le noyau en fil de fer doux, se com-

[1] *Journal Télégraphique*, n° 1, 1887.

Digitized by Google

posent d'un petit nombre de tours de gros fil; elles forment la première partie du circuit primaire. Vient ensuite le circuit secondaire *h*, formé d'un grand nombre de tours de fil fin; enfin les spires extérieures *i* sont semblables à celles du centre et forment la seconde partie du circuit primaire. La bobine est enveloppée d'une calotte en fer doux, qui produit sur les spires *i* le même effet que le noyau sur les spires *g*. Le fil secondaire *h* est en communication d'un côté avec la ligne L dans laquelle est intercalé le téléphone T, et de l'autre avec la terre. Dans le circuit primaire est intercalée la pile locale P, de façon à fournir deux circuits indépendants, le premier P *g e b m* P, et le second P *i f c m* P. Les résistances de ces circuits augmentent et diminuent alternativement avec les vibrations du diaphragme, l'accroissement dans l'un correspondant à l'affaiblissement dans l'autre. Un affaiblissement du courant en *g* coïncide donc toujours avec un renforcement en *i* et vice versa. Ces variations de courant agissent en sens inverse sur le circuit secondaire *h* et le résultat final est un effet plus puissant.

47. — Nous trouvons une autre application heureuse du même principe dans le :

TRANSMETTEUR DE LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES TÉLÉPHONES DE PARIS

La figure 48 donne le schéma de cet instrument : *a a* est le diaphragme, *b* et *c* sont deux blocs en charbon; l'un d'eux *b* est directement fixé au centre du diaphragme, l'autre, *c*, est fixé à *b* au moyen du cerceau *d* en matière non conductrice *d*. Les deux charbons, quoique séparés l'un de l'autre, sont donc solidaires avec le diaphragme et suivent les mouvements de ce dernier. Entre les deux charbons descend un cône métallique *e*, qui, suspendu convenablement, a une position indépendante du charbon. Il est clair que si le diaphragme reçoit un choc de gauche à droite, il y a un accroissement de pression entre *b* et *e*, et une diminution de celle entre *c* et *e*. Les effets contraires se produisent si le centre du diaphragme se meut de droite à gauche.

Digitized by Google

Les charbons et le cône métallique sont en communication avec deux hélices différentes de la bobine d'induction J, et il se forme deux circuits primaires P *m n i b e h* P et P *m o s c e h* P, dans

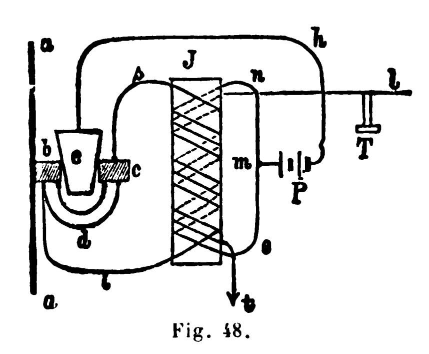


Fig. 48.

lesquels le courant de la pile traverse en sens opposés la bobine d'induction. L'effet sur le fil secondaire serait donc nul, si les variations étaient les mêmes dans les deux circuits primaires ; mais comme ils sont diamétralement opposés les uns aux autres, l'effet est censé théoriquement doublé ; *t* est la terre, *l* la ligne et T le téléphone en circuit.

TÉLÉPHONE PORTATIF DE THEILER[1]

48. — L'inventeur s'est proposé comme but de combiner le transmetteur et le récepteur en un seul instrument commode et portatif, qui puisse servir à transmettre la parole aussi bien qu'à la recevoir, tout en continuant à être tenu à l'oreille, et sans que celui qui parle soit obligé de le changer de position ni de diriger sa voix sur un objet spécial.

L'appareil, tel que le représente la figure 49, se compose d'un petit tambour ou cylindre N, en métal ou en ébonite, fermé à l'une de ses extrémités par le diaphragme A du transmetteur et à l'autre par le diaphragme B du récepteur. Sur ce tambour se visse un couvercle P, ayant la forme de pavillon usuelle, évidé dans

[1] *Electrical Review*, octobre 21st, 1887.

Digitized by Google

son milieu p, et qui, tout en protégeant le récepteur, permet de le tenir tout près de l'oreille.

Sur le couvercle R du diaphragme opposé, c'est-à-dire de celui du transmetteur, s'ajuste un tube ou cône W, poli sur sa surface intérieure, et d'une forme qui le rende propre à recueillir et à concentrer les ondes sonores de la voix sur le diaphragme du transmetteur sans causer le moindre inconvénient à celui qui parle, auquel il fournit en même temps une poignée pour tenir l'instrument.

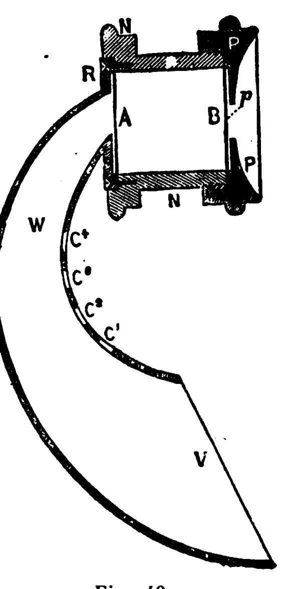


Fig. 49.

La forme de ce cône ou tube est d'une grande importance et celle que la figure représente n'a été obtenue qu'après de nombreuses expériences.

On voit que l'ouverture V du tube n'est pas placée devant la bouche, mais sur le côté. De cette manière on évite toute gêne à celui qui se sert de l'instrument et aussi l'inconvénient de la condensation de son haleine sur le tube.

On remarquera encore que les ondes sonores frappent uniquement la courbe extérieure du tube et sont transmises au diaphragme par cette courbe seule. C'est pourquoi une rangée de trous C^1 C^2 C^3 C^4, loin de nuire, contribue au contraire à la transmission claire des ondes sonores, le long du cône W. La figure 50 représente une coupe transversale du transmetteur et récepteur combiné, sans montrer toutefois le tube ou cône que nous venons de décrire dans la figure 49. Afin de pouvoir condenser le récepteur dans un espace étroit, MM. Theiler le construisent avec un aimant permanent circulaire O, dont l'un des pôles influence par induction le noyau de fer M, placé dans la bobine L. L'autre pôle induit le mince diaphragme en acier ou en fer B. Le transmetteur du téléphone combiné est construit de la manière suivante. Un

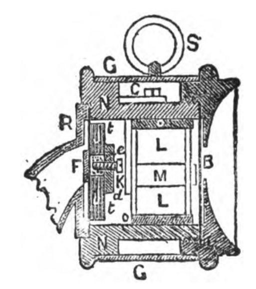


Fig. 50.

Digitized by Google

disque très mince en acier ou d'une autre matière très élastique est serré fortement entre le bord de la boîte N et le couvercle R. Au centre de ce diaphragme est attaché un mince disque de charbon F, constituant l'un des électrodes du circuit de la pile. A la face opposée du diaphragme, est collé un disque de feutre ou d'une matière spongieuse, avec une chambre centrale, *e*, remplie de grains de charbon dur. Cette chambre est fermée par un autre disque mince *t* d'acier ou de toute autre matière élastique qui porte un poids *d*, constituant le second électrode. Une vis K traverse le poids *d* et pénètre dans la chambre *e* pour réduire la distance et par conséquent aussi la résistance entre les deux électrodes *d* et F.

TRANSMETTEUR DE JONGH

49. — Le transmetteur De Jongh est une forme très commode et très puissante du transmetteur à crayons de charbon.

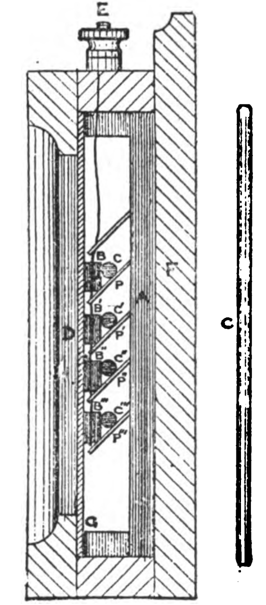


Fig. 51.

Il se compose d'un diaphragme en bois de sapin, 17 centimètres × 10 centimètres, sur lequel sont fixées deux rangées de blocs de charbon, à surface polies. Les quatre disques de chaque rangée sont réunis entre eux au moyen d'un fil flexible, enroulé solidement autour de chaque disque. Derrière le diaphragme, à la distance d'un demi-pouce, se trouve une planchette servant de base, dans laquelle sont enfoncées deux rangées de chevilles en laiton, avec une inclinaison d'environ 45° et constituant pratiquement une série de plans inclinés. Quatre crayons, également de charbon poli, reposent légèrement sur ces chevilles. Un matelas de caoutchouc sépare ce diaphragme de la planchette. Le tout est monté dans une boîte convenable, fixée verticalement dans un endroit approprié. Les crayons de

Digitized by Google

charbon pressent légèrement contre les blocs fixés au diaphragme et les relient ensemble; quand on parle devant le diaphragme, les contacts sont plus ou moins resserrés et le courant varie en conséquence.

La figure 51 montre la disposition de l'appareil en coupe longitudinale.

A est la base du transmetteur, dans laquelle sont enfoncées les chevilles P P′ P″ P‴.

B B′ B″ B‴ forment l'une des rangées de blocs, dont chacun est entouré par le fil E.

C C′ C″ C‴ sont les crayons de charbon pressant contre les blocs et les mettant ainsi en communication.

D est le diaphragme, qui est maintenu en position par le devant articulé de la boîte F.

G est un matelas de caoutchouc séparant le diaphragme de la base de l'instrument.

MICROPHONE DE MIX ET GENEST[1]

50. — Cet instrument, qui a été adopté récemment par le Bureau des Postes d'Allemagne, est représenté par les figures 52 et 53. Le but, que l'on s'est proposé dans la construction de ce microphone, est d'éviter les dérangements accidentels des contacts de charbon tout en retenant les avantages de la position verticale de la membrane. C'est ce que l'on obtient par une sorte de frein, qui empêche les crayons de charbon de s'appuyer contre le bord inférieur des creux pratiqués dans les lames porte-charbons; tout en assurant ainsi les contacts, on prévient le bruit discordant auquel les microphones à membranes verticales sont fréquemment sujets.

L'embouchure T est vissée sur un anneau en fonte R, qui porte intérieurement une rainure, et soutient dans cette rainure le diaphragme M, formé par une mince planchette en bois de sapin, encadré d'un anneau en caoutchouc. Deux griffes *a a* main-

[1] *Industries*, 19th August. 1887, et *Rundschau für Electrotechnike*, 1887.


Digitized by Google

tiennent le diaphragme en position. Trois crayons de charbon *k k k* sont soutenus dans de petits creux entre deux porte-charbons *b b*. Un ressort *f*, placé en travers des baguettes, sert de

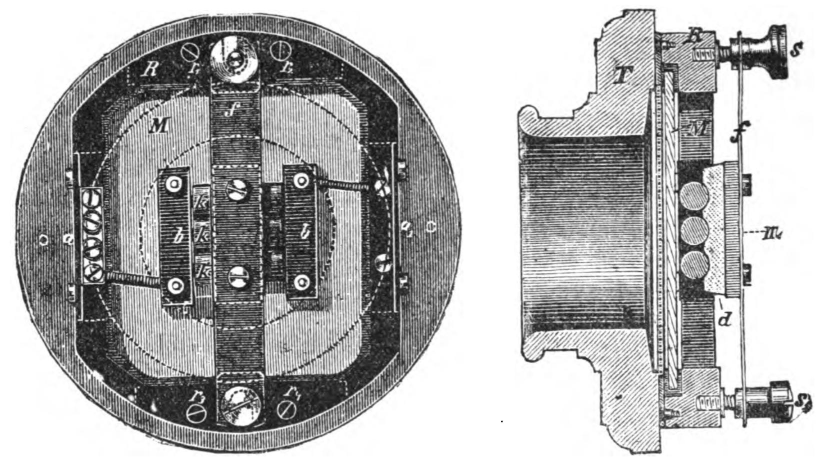


Fig. 52. Fig. 53.

frein : il porte sur sa face intérieure une plaque de laiton, que l'on sépare des cylindres de charbon par un morceau de feutre ou d'une autre étoffe semblable.

Des vis *s* et *s*, permettent d'avancer légèrement les cylindres *k k k* et de les presser contre leurs soutiens de manière qu'ils ne puissent pas tourner tout en restant suffisamment mobiles.

TRANSMETTEUR DE HUNNING[1]

51. — Ce microphone appartient à la catégorie connue sous le nom de transmetteurs à granules. Il forme le type fondamental d'une classe distincte et a des traits caractéristiques tant au point de vue de l'originalité que de l'efficacité. Il se compose d'un diaphragme vibrant, formé par une feuille de platine, d'environ 2 1/2 pouces de diamètre, derrière lequel, à une distance de $\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{18}$ de pouce, se trouve une plaque fixe de platine ou de charbon.

[1] *British Patent*, Spécification, n° 3647, sept 16[th], 1878.

Digitized by Google

On remplit l'espace séparant le diaphragme et la plaque fixe de granules de charbon, sans toutefois les entasser (on obtient les meilleurs résultats avec du coke ordinaire de foyer de machine, réduit en grains et séparé au moyen d'un tamis de sa poussière et d'autres impuretés). Le tout est monté dans une boîte en bois appropriée, munie d'une embouchure, comme le montre la figure 54.

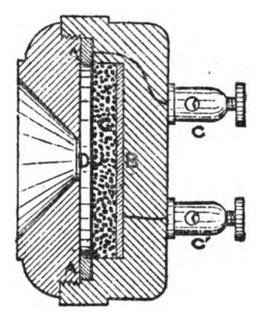


Fig. 54.

Pour protéger le diaphragme contre tout accident, on insère un grillage très mince de tissu métallique en face de l'ouverture de l'embouchure et vis-à-vis du diaphragme.

L'action de l'instrument a lieu comme suit :

Quand on parle devant le diaphragme de platine, à travers l'embouchure, sa surface intérieure est amenée plus ou moins en contact avec les grains de coke, ce qui les serre plus énergiquement les uns sur les autres. La résistance, qu'ils offrent au courant, varie ainsi avec l'amplitude des vibrations de la feuille de platine, sous l'influence des ondes sonores et le courant varie d'une manière correspondante.

Dans la figure 54, AA est une bague métallique fixant le grillage de tissu et le diaphragme en feuille de platine sur tout leur pourtour ; D est le diaphragme en feuille de platine et B la plaque qui fait contact avec les charbons du côté opposé.

CC' sont les bornes pour relier le microphone à la pile et à la bobine d'induction. Ils sont attachés respectivement à l'aimant A et à la plaque B ; G est le charbon granulaire interposé entre B et D.

52. — Plusieurs modifications importantes furent introduites dans le transmetteur de Hunning par le regretté Ch. Moseley, de Manchester. Il remplaça les diaphragmes de platine par de minces disques de charbon et il les disposa en forme de coin, de manière à assurer un contact uniforme parmi les grains de charbon. Le monopole rigoureux maintenu par les propriétaires des droits de patente en Angleterre empêcha l'usage de ce transmetteur de recevoir le développement qu'il méritait. C'était certainement l'instrument le plus puissant essayé en Angleterre.

Digitized by Google

TRANSMETTEUR UNIVERSEL DE BERLINER

54. — Il est représenté par les figures 55 et 56 et a la construction suivante.

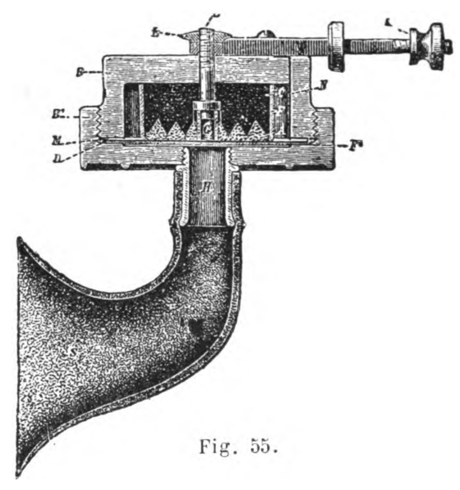


Fig. 55.

B est une boîte avec un couvercle à pas de vis B′. Sur le bord de B est fixé un anneau en laiton M, qui serre fortement la plaque

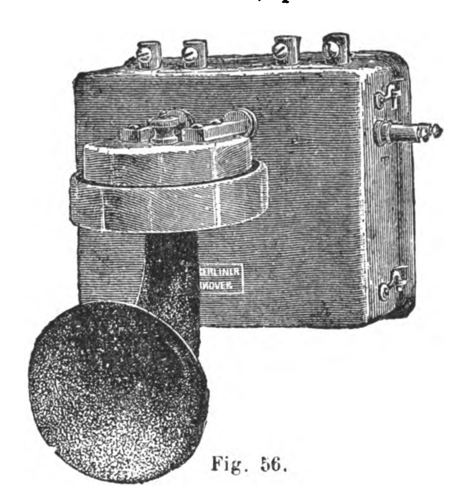
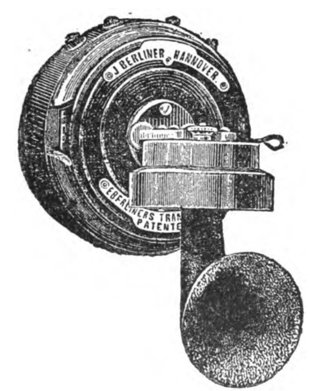


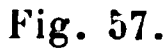
Fig. 56.

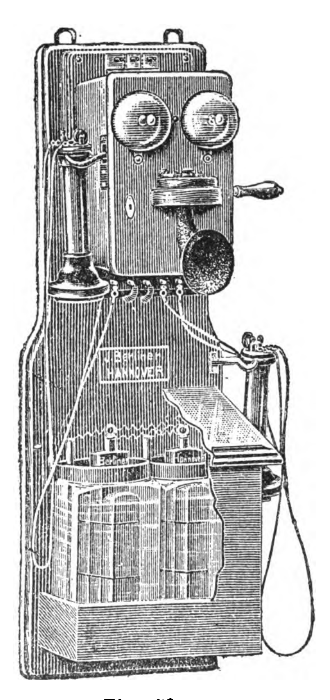
vibrante de charbon D et transmet le courant à cette dernière. L'électrode à charbon C est fixé dans la boîte au moyen d'une

Digitized by Google

cheville L, munie d'un écrou E, et que l'on peut ajuster au moyen de la vis micrométrique JK. En N se trouve le second fil conducteur, et sous la cheville L, qui passe par le centre de l'électrode de charbon C, on peut voir une cheville conique qui s'adapte exactement dans le trou conique de l'électrode de charbon. Cette disposition a un double objet : d'abord elle assure un bon contact, ensuite elle permet d'insérer le petit tube en caoutchouc G dont




Fig. 57.


Fig. 58.

l'ouverture aboutit à la plaque de charbon D et amortit ainsi les vibrations de cette dernière. L'électrode de charbon est renfermée sur tout son pourtour dans un anneau de feutre F dont le bord inférieur touche également la membrane D. Un espace fermé est ainsi ménagé entre l'électrode de charbon, l'anneau de feutre et la membrane. Cette chambre sert à recevoir les granules conducteurs A, qui constituent les contacts microphoniques. Une pièce cylindrique H est vissée sur le couvercle B et c'est à elle que l'embouchure est fixée.

La figure 57 montre comment ce nouveau mode de construction peut être adapté à l'ancien modèle de transmetteur, tel que le Berliner ordinaire (§ 42), le Blake (§ 39), etc.

La figure 58 montre un appareil combiné complet tel qu'il est employé à un poste d'abonné.

Digitized by Google

TRANSMETTEUR DE HIPP[1]

54. — Cet appareil, dont les figures 59 et 60 représentent deux formes différentes, était exposé à l'Exposition électrique de Vienne en 1883.

L'organe essentiel de cet instrument se compose d'une boîte cylindrique très aplatie B (fig. 59 et 60), formé d'un corps mauvais conducteur. Une membrane élastique *m* ferme la boîte à ses

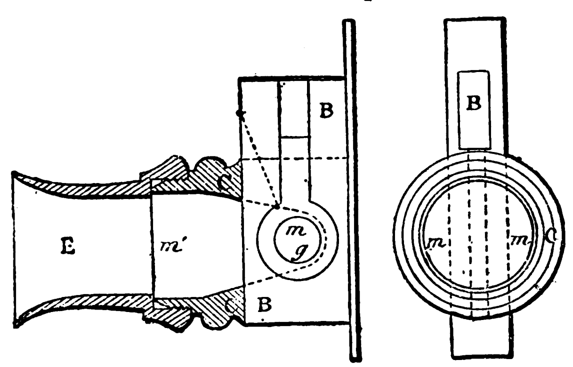


Fig. 59.

deux bases. Si cette membrane n'est pas conductrice de l'électricité par sa nature, elle est rendue telle par deux feuilles de platine très

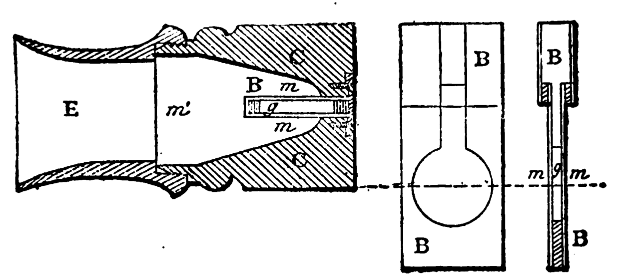


Fig. 60.

minces, collées sur la face intérieure de la base. La cavité résultante est remplie en partie d'un corps conducteur ou semi-conducteur convenable (du charbon) en forme de grains *g*. Des fils

[1] *La Lumière Electrique*, n° 25, 1885, p. 129.

Digitized by Google

métalliques, soudés à la partie conductrice des membranes, permettent d'intercaler ce système de conducteur dans le circuit d'une pile.

Cet organe est logé dans une cavité C en forme de cylindre, en sorte que l'axe du cylindre de l'organe et l'axe de cette cavité se coupent à angle droit. En avant, la cavité est fermée par une membrane élastique *m*, et sur cette membrane s'applique directement l'embouchure E.

MICROPHONE DE BOUDET

55. — Le transmetteur représenté figure 61 se compose d'une embouchure E fixée à l'extrémité I d'un tube de verre T d'un centimètre de diamètre, fixé lui-même sur un pied à genou, ce qui

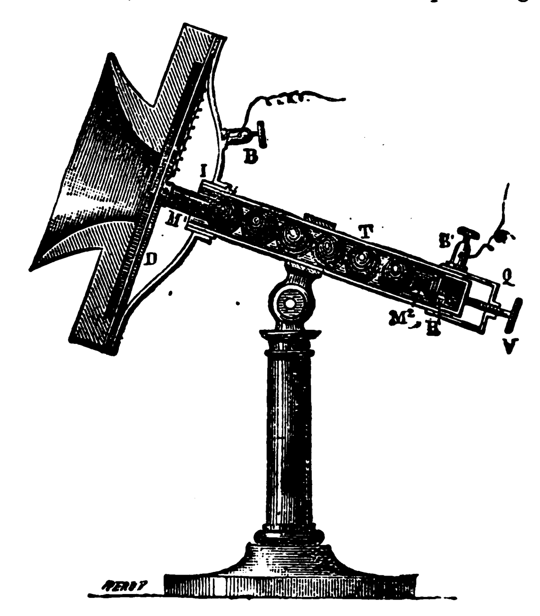


Fig. 61.

permet de faire prendre à l'ensemble de l'appareil une inclinaison quelconque.

L'embouchure porte une plaque d'ébonite D d'un millimètre d'épaisseur, sur laquelle est fixé un cylindre de cuivre M' péné-

Digitized by Google

trant dans le tube de verre. Dans ce tube sont placées six boules de charbon dur, d'un diamètre un peu plus petit que le tube, de manière à pouvoir s'y déplacer très librement.

Le microphone est complété par une seconde masse de cuivre M² s'appuyant sur le fond R d'une culasse creuse, par l'intermédiaire d'un petit ressort en spirale qui n'est pas représenté sur la figure. La vis V fixée sur l'étrier Q sert à régler la pression de la masse M² contre les boules. B et B sont des bornes d'attache pour les circuits de la pile et de la ligne. Les variations de résistance du microphone se produisent également sur tous les contacts des boules, parce que, en parlant devant l'embouchure, les vibrations se transmettent presque instantanément, à travers la série entière, comme dans l'expérience bien connue des billes de billard.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

TÉLÉPHONES SPÉCIAUX

Nous nous proposons de décrire dans ce chapitre quelques formes spéciales de téléphones, qui tout en étant moins pratiques que celles présentées jusqu'ici n'en sont pas moins intéressantes.

Nous avons à mentionner ici d'abord un appareil auquel nous avons déjà fait allusion (§ 2) et qui, à un point de vue historique, présente un intérêt considérable. C'est le :

TÉLÉPHONE DE REISS

56. — Dès l'année 1860, Philippe Reiss construisit cet appareil qui lui permettait de transmettre à de grandes distances la mélodie produite dans un endroit déterminé. L'instrument est représenté par les figures 62 et 63 et comprend un transmetteur et un récepteur.

A la station où l'air est joué, un gros tube T, débouchant dans la boîte K reçoit les vibrations de l'air produites par l'instrument de musique. La boîte a pour effet de recueillir et de renforcer le son. A la partie supérieure est tendue une membrane *m* qui vibre à l'unisson des ébranlements qu'elle reçoit. Ces mouvements déterminent l'établissement et l'interruption d'un courant électrique. Supposons qu'une pile, dont l'un des pôles est à la terre, soit reliée par l'autre électrode au bouton marqué 2 sur la figure 62 ; de là, un conduit métallique formé par une mince lame de cuivre *i* et aboutissant à un disque de platine *o* amène le courant en face d'une pointe portée par le levier *a b c*. Chaque


Digitized by Google

fois que la membrane sera soulevée, cette pointe touchera le disque et il s'établira un courant; il sera interrompu au contraire quand la membrane reviendra au repos. De la vis 1 (fig. 62) part le fil qui relie le transmetteur à la vis 3 du récepteur (fig. 63). Ce dernier est constitué par une tige de fer *d d* sur laquelle s'enroulent des spires *g* de fil de cuivre isolées les unes des autres ;

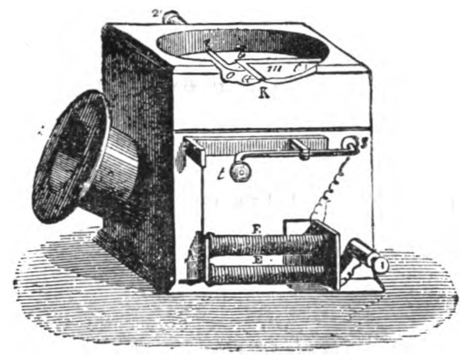


Fig. 62.

l'une des extrémités du fil aboutit au bouton 3 et l'autre à la terre par l'intermédiaire de la vis 4, ce qui complète le circuit de la pile.

La tige *d d* a la dimension d'une aiguille à tricoter ; la bobine *g*,

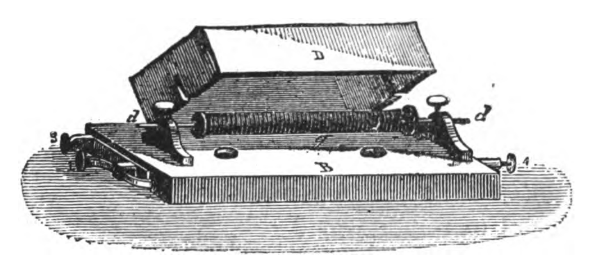


Fig. 63.

constituée par l'assemblage du fil enroulé et de la tige, est disposée sur une boîte creuse B en bois, à parois très minces. Au-dessus est un couvercle D.— L'ensemble de ce dispositif a pour but de renforcer les vibrations que produisent les interruptions successives du courant. Le principe est le même que dans le cas d'un piano, où l'intensité des notes est augmentée par la résonance de la caisse.

Digitized by Google

C'est un fait remarquable que les vibrations de la baguette *d d* sont exactement synchroniques avec celle de la membrane *m* et par suite avec celles de l'instrument sur lequel on joue l'air. Non seulement le récepteur reste en mesure, mais de plus il rend exactement l'air ; deux des facteurs qui constituent la mélodie, la hauteur et l'intensité sont fidèlement reproduits. Le timbre seul fait défaut.

Pour compléter la description, nous devons ajouter que le transmetteur et le récepteur sont tous les deux pourvus d'une clef ou manipulateur Morse *t*, *s*, et d'un récepteur E E pour les signaux d'appel.

La forme à donner à la boîte K est un facteur important dans la construction de ce téléphone ; les meilleures dispositions trouvées jusqu'à présent consistent à recourber les parois ; on a aussi réussi à augmenter la puissance du récepteur en introduisant dans la bobine plusieurs baguettes de fer ; le son, primitivement nasillard, a acquis un timbre plus agréable. Il ne peut y avoir de doute, comme nous l'avons déjà dit dans notre introduction, que l'instrument de Reiss pouvait reproduire et reproduisait réellement la parole articulée avant que Bell eût jamais eu la moindre idée de son téléphone, mais autre chose est de faire une grande découverte et autre chose d'en tirer parti à un point de vue commercial.

LA MAIN EMPLOYÉE COMME RÉCEPTEUR TÉLÉPHONIQUE

57. — En poursuivant ses expériences sur la transmission des sons musicaux, Elisha Gray fut amené par hasard à construire un téléphone dans lequel la main de l'opérateur servait de récepteur.

Le phénomène fut d'abord observé par Gray sur la doublure en zinc d'une baignoire, et l'auteur donne la description suivante de l'expérience et de l'appareil auquel elle conduisit [1] :

« Mon neveu était en train de jouer avec une petite bobine

[1] G.-B. Prescott. *The Speaking Telephone*, p. 450.


Digitized by Google

d'induction et distribuait des chocs électriques aux enfants, pour les amuser comme il disait. Il avait relié l'une des extrémités du circuit induit avec le revêtement en zinc d'une baignoire vide. En tenant de la main gauche l'autre extrémité de la bobine, il touchait le zinc de la main droite. Pendant qu'il établissait ainsi le courant, sa main glissa pendant quelques instants le long du bord de la baignoire. A ce moment, j'entendis un son provenant de sous sa main au point de contact. Ce son me parut de la même hauteur et de la même qualité que celui de l'interrupteur ou de l'électrotome vibrant de l'appareil que j'entendais également.

« Immédiatement je pris l'électrode en main, et en répétant l'opération, je trouvai, à ma grande surprise, qu'en frottant ferme, je produisais un son plus clair que celui de l'interrupteur.

« En poursuivant l'idée suggérée par cette expérience, je construisis plusieurs appareils avec des plaques métalliques pour la réception du son au moyen de friction manuelle. Voici une méthode facile pour obtenir ce résultat.

« L'instrument est composé d'un support métallique d'un poids suffisant pour le maintenir fixe pendant la manipulation. Sur le support est monté un arbre horizontal reposant sur des coussinets. L'une des extrémités de l'arbre porte une manivelle dont la poignée est faite d'une substance isolante. Sur l'autre extrémité est fixée une caisse en bois mince, sonore et de forme cylindrique, dont la surface est revêtue d'une garniture ou coiffe de métal à laquelle on donne une forme convexe pour plus de solidité. Cette caisse a une ouverture au centre afin d'augmenter les qualités sonores. La coiffe métallique est en communication électrique avec le support métallique au moyen d'un fil.

« Si l'opérateur relie la garniture métallique à la terre par l'intermédiaire du support, et, saisissant d'une main l'extrémité de la ligne, presse les doigts contre la caisse qu'il faut tourner de l'autre main au moyen de la manivelle, le son émis à l'extrémité de la ligne est entendu distinctement même dans toute l'étendue d'une salle spacieuse. Ces conditions étant bien remplies, plus on donne un mouvement rapide à la plaque, plus les sons musicaux sont clairs ; plus le mouvement est lent, plus le son est

Digitized by Google

doux. Lorsque le mouvement s'arrête, le son cesse complètement. »

L'effet dépend de la variation dans l'intensité de la friction entre l'épiderme de la main et le métal. Cette variation, due au passage des courants, est un phénomène découvert par Edison et appliqué dans son électro-motographe.

ÉLECTRO-MOTOGRAPHE D'ÉDISON

58. — Trempons une feuille de papier buvard dans une solution saturée de potasse caustique, et plaçons-la sur une plaque métallique, reliée au pôle positif d'une pile, composée de deux ou trois éléments Leclanché.

En promenant à la surface du papier une lame de platine de 1 centimètre de largeur environ, et en exerçant sur cette lame une certaine pression, nous sentirons une résistance au glissement, résistance due au frottement de la lame sur le papier dont la surface présente une certaine rugosité. Si, tout en faisant glisser la lame de platine, nous la mettons en communication avec le pôle négatif de la pile, la résistance au glissement va être diminuée dans de très grandes proportions, au moment où on établit le courant électrique ; le courant électrique a donc pour effet de lisser ou de lubrifier en quelque sorte la surface rugueuse du papier. Cet effet du courant électrique est proportionnel à son intensité : il commence avec lui et s'achève avec lui ; il est tellement sensible que les plus faibles courants, ceux, par exemple, qui sont sans action sur les électro-aimants, sont rendus ici très perceptibles.

Dans l'instrument représenté par la figure 64, un mince diaphragme de mica, de 8 à 9 centimètres de diamètre, porte dans sa partie centrale une lame de platine *c* qui vient s'appuyer sur le cylindre A avec une pression constante, due au ressort S et réglée par la vis E.

Le cylindre A est fait avec de la craie et quelquefois avec une pâte composée de chaux, d'hydrate de potasse, et d'une petite quantité d'acétate de mercure. S'il est de craie, on le mouille avec

Digitized by Google

un électrolyte facilement décomposable comme l'iodure de potassium. La surface de ce cylindre joue le rôle du papier imbibé de la solution de potasse dans l'expérience précédente. Le cylindre tourne d'un mouvement régulier à l'aide d'un engrenage et de la manivelle W. Dans les appareils plus récents, ce système est remplacé par un mouvement d'horlogerie.

59. — Le courant électrique venant du transmetteur par le support H, traverse le cylindre A recouvert de la pâte, la lame de platine C, et sort par le fil D pour aller à la terre. En faisant tour-

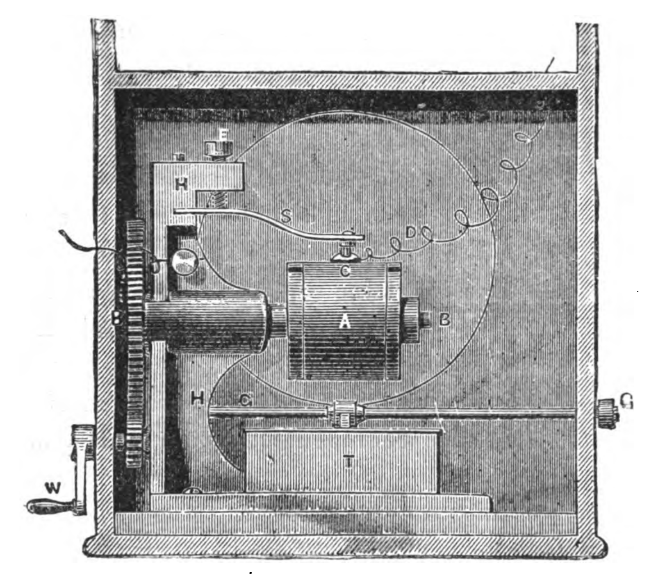


Fig. 64.

ner le cylindre A dans le sens des aiguilles d'une montre, au moyen de la manivelle W, le frottement entre la lame C et la surface du cylindre A produira une certaine traction sur la lame C. Le disque de mica, à cause de son élasticité, prendra une certaine position d'équilibre, qui dépendra de la traction de la lame C et par suite aussi du frottement entre A et C ; chaque variation dans l'intensité du courant qui traverse A et C se traduira donc par la variation dans la traction de la lame C ; il en résultera un certain déplacement de la lame de mica qui vibrera

Digitized by Google

ainsi synchroniquement avec le courant ondulatoire, et par suite aussi avec la lame du transmetteur. Le mouvement vibratoire du disque de mica n'est donc pas obtenu directement par le courant électrique, mais il est produit mécaniquement par la rotation du cylindre A. Le courant réduit le coefficient de frottement et produit ainsi une variation dans le mouvement de glissement et c'est ce qui explique la grande puissance de l'appareil.

D'autre part, le disque de mica, doué de peu d'inertie, mais de beaucoup d'élasticité, transmet efficacement les impulsions reçues par la lame C. Il est presque inutile de dire que, lorsqu'on ne tourne pas la manivelle, le téléphone n'agit point.

Le sens de la rotation est indifférent. La lame de platine C agit, suivant les cas, en tirant ou en poussant la plaque de mica. La substance qui recouvre le cylindre A doit toujours rester humide : on obtient ce résultat en soulevant de temps à autre au moyen de G un petit rouleau trempé dans une solution de potasse caustique, qui est contenue dans le réservoir T.

Les sons émis sont très intenses et peuvent être entendus dans toutes les parties d'une grande salle. Aussi ce récepteur jouit-il surtout de la faveur des professeurs et conférenciers. Cependant son articulation n'est pas distincte du tout.

TÉLÉPHONE A MERCURE DE BRÉGUET

60. — Antoine Bréguet utilisa les forces électro-capillaires et les courants électriques qu'elles produisent. Le phénomène qui l'amena à construire son instrument est réversible : le transmetteur et le récepteur sont donc deux appareils identiques.

La pointe d'un tube capillaire T (fig. 65) contenant du mercure, plonge dans un vase V. Ce vase est rempli en partie de mercure M′ et en partie d'eau acidulée A ; la pointe capillaire ne pénètre pas dans la couche de mercure, mais seulement dans l'eau acidulée.

Deux fils de platine P et Q sont mis respectivement en communication avec le mercure dans T et celui de V. Si ces deux fils sont réunis entre eux, le niveau du mercure dans le tube capillaire s'établira à une hauteur invariable. Mais si une pile est intercalée

Digitized by Google

dans le circuit des fils de platine, le niveau prendra une autre position d'équilibre, qui dépend de la différence du potentiel. A chaque différence de potentiel correspondra un niveau déterminé du mercure. Au-dessus du mercure dans le tube se trouve une masse d'air S, dont la pression variera évidemment chaque fois que le niveau du mercure lui-même varie.

L'appareil est réversible ; c'est-à-dire, que si, par suite d'un modification de la pression S, le niveau du mercure se déplace, il

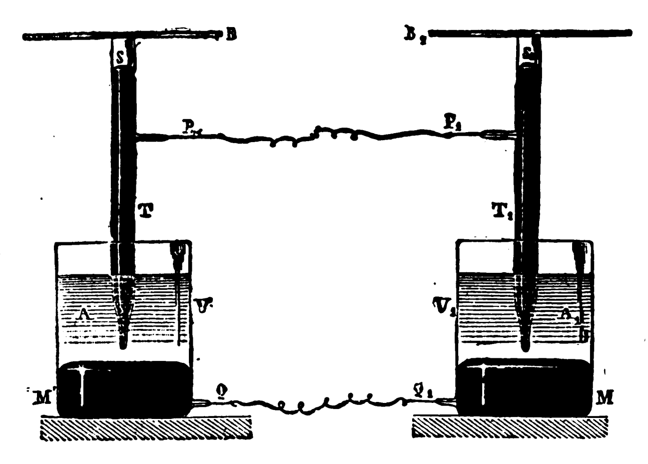


Fig. 65.

s'établira aussi une différence de potentiel, ou en d'autres mots une force électromotrice dans les deux conducteurs P et Q.

Accouplons maintenant deux appareils semblables, en reliant les fils P et P_1, et Q et Q_1, comme le montre la figure 65. Si nous exerçons une pression en S, une force électromotrice correspondant à cette pression prendra naissance dans le circuit, et cette force électromotrice produira un changement dans le niveau du mercure contenu dans le tube du second appareil; la pression en S y sera par conséquent modifiée.

Lorsqu'on parle au-dessus du tube T, l'air renfermé dans ce tube entre en vibration. Ces vibrations se communiquent au mercure, qui les traduit en variations de force électromotrice, et ces variations engendrent dans l'appareil récepteur des vibrations exactement correspondantes de la masse d'air S_1, de sorte que, si

Digitized by Google

on place l'oreille au-dessus du tube T[1], on entendra jusqu'à un certain degré tous les mots prononcés dans le tube T.

LE PHOTOPHONE

61. — Des expériences faites par M. Willoughby Smith [1], dès 1873, ont montré que le sélénium est une substance extrêmement sensible à l'influence de la lumière, et que cette influence se manifeste par une variation dans sa résistance électrique.

Le sélénium fut découvert en 1817 par Berzélius, et se rencontre sous deux modifications allotropiques. La forme vitreuse s'obtient en fondant du sélénium et en le refroidissant brusquement ; elle a une couleur brune foncée, presque noire à la lumière diffuse et une couleur rouge transparente lorsqu'elle est obtenue en lames très minces. La seconde modification, que l'on obtient par fusion et par refroidissement graduel subséquent, prend une forme granulaire et cristalline, d'apparence métallique. C'est cette dernière modification qui sert de conducteur électrique à la température ordinaire et dont la conductibilité s'altère sous l'influence de la lumière.

M. le professeur W. E. Adams a montré qu'un rayon de lumière tombant sur un barreau de sélénium, y développe une force électromotrice, qui donne naissance à un courant, le barreau se trouvant de fait temporairement converti en une petite pile. Bell et Summer Tainter, après de nombreuses expériences, réussirent à intensifier la sensibilité de cette substance et ont construit un appareil auquel ils donnèrent le nom de photophone et qui leur permettait de reproduire la parole à distance au moyen de rayons lumineux.

On a trouvé depuis que les radiations, pour produire cet effet, ne doivent pas être lumineuses et que la chaleur rayonnante produit le même résultat. Mercadier proposa donc de donner à cet appareil le nom de *Radiophone*, et c'est ce terme qui a été uni-

[1] *Journal of the Society of Telegraphic Engineers*, vol. II, p. 31.


Digitized by Google

versellement adopté ; il signifie la transformation d'énergie rayonnante en vibrations sonores.

PHOTOPHONE DE GRAHAM BELL ET SUMNER TAINTER

62. — La figure 66 représente l'appareil sous sa forme la plus récente. Le transmetteur, comme on voit, consiste en une simple boîte téléphonique B, munie d'une embouchure et d'une membrane vibrante; celle-ci est constituée par une lame de mica argentée et forme ainsi un miroir sur lequel tombent les rayons d'une source lumineuse puissante, comme ceux d'un foyer électrique, ou mieux encore du soleil. Le faisceau de rayons lumineux est réfléchi par la surface de la membrane ; une lentille R, interposée sur son passage, projette les rayons sur le récepteur en les rendant sensiblement parallèles. Cette seconde partie de l'appareil se compose d'un réflecteur parabolique, en cuivre argenté C C, de 70 centimètres de diamètre, et au foyer duquel est placé l'élément photophonique de sélénium, qui communique avec le circuit téléphonique.

63. — Graham Bell a construit des éléments photophoniques de sélénium du type suivant : — Il empile plusieurs disques de lai-

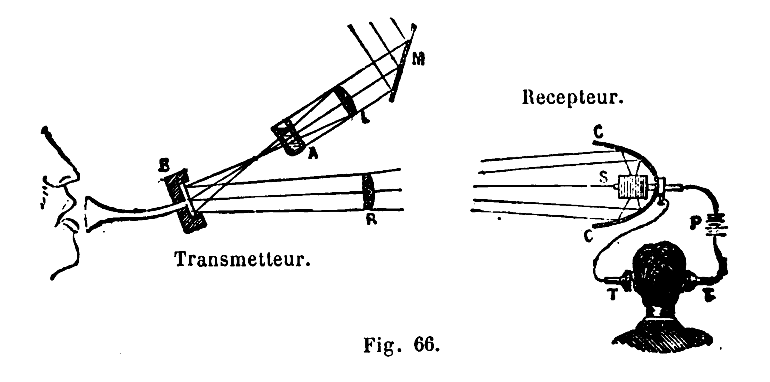


Fig. 66.

ton en les séparant l'un de l'autre par des disques de mica de plus petit diamètre ; l'ensemble présente l'apparence d'un cylindre dans la surface duquel on aurait taillé des rainures parallèles circulaires. Ce sont ces rainures qu'il remplit de sélénium, en frottant

Digitized by Google

la surface du cylindre convenablement chauffée avec un bâton de cette substance. Le sélénium ainsi appliqué est chauffé au-dessus d'un fourneau à gaz ; lorsqu'il atteint une certaine température, sa belle surface réfléchissante se voile : un nuage s'étend graduellement sur elle, à peu près comme la couche d'humidité produite par l'haleine sur une glace froide. Cet aspect s'accentue par degrés et bientôt l'on voit toute la surface prendra un état cristallin. L'élément photophonique peut alors être éloigné du fourneau et refroidi d'une manière quelconque convenable.

Les disques d'ordre impair sont reliés à l'un des fils du circuit et les disques d'ordre pair à l'autre. Chaque fois que la lumière, réfléchie par le miroir parabolique, frappe la surface du sélénium la résistance électrique de celui-ci se trouve diminuée et la diminution est proportionnelle à l'intensité lumineuse. Le faisceau lumineux, qui, lorsque le diaphragme était au repos, était transmis sans variations, est modifié par les changements de forme que le vibrations de la voix produisent dans la surface de la membrane réfléchissante en B. L'intensité des rayons lumineux subit ainsi des variations qui correspondent aux variations des ondes sonores et produisent par l'intermédiaire du sélénium, c'est-à-dire, d'une substance de résistance variable, des courants variables dans le circuit téléphonique.

Le photophone reproduit avec beaucoup de netteté des sons musicaux aussi bien que la parole articulée.

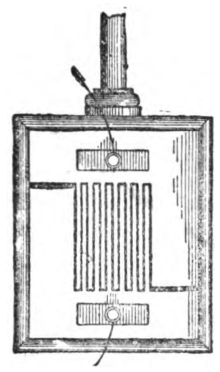
M. le professeur Adams a montré que le tellurium, comme le sélénium, subit des changements de résistance sous l'influence de la lumière. Un récepteur, construit avec ce métal, tout en ne donnant aucune indication de sa sensibilité avec un galvanomètre à réflexion, émet des sons dans le téléphone.

RADIOPHONES

64. — En considérant les mouvements moléculaires énergiques produits par l'action d'un rayon de lumière intermittent sur du noir de fumée, Tainter pensa qu'une variation analogue se produirait dans le courant qui le traverse et qu'on pourrait alors remplacer

Digitized by Google

dans le récepteur le sélénium par du noir de fumée. L'expérience est venue confirmer cette idée; la figure 67 représente l'élément


Fig. 67.

photophonique de noir de fumée qui a donné les meilleurs résultats. C'est une lame de verre argentée sur sa surface et sur laquelle on a évidé par un grattage convenable une sorte de rigole en zigzag, de manière à diviser la surface argentée en deux parties bien distinctes isolées l'une de l'autre et constituant comme deux peignes, dont les dents sont enchevêtrées les unes dans les autres. A chacun de ces peignes est adapté un bouton d'attache, pour le mettre en rapport avec un circuit électrique.

La surface de la lame est alors enfumée jusqu'à ce qu'on obtienne une bonne couche de noir de fumée sur tout le parcours de la rigole, entre les dents des deux peignes. En reliant cet élément de noir de fumée à un téléphone, et à une pile, et en l'exposant à l'influence d'un rayon intermittent, on peut entendre un son musical très caractérisé dans le téléphone.

65. — Quand on emploie une bobine d'induction, les effets sont rendus plus intenses et les éléments photophoniques sensibles peuvent être employés aussi bien pour la reproduction de la parole articulée que de sons musicaux. La figure 68 représente la disposition à adopter pour une expérience très intéressante, fondée sur ces deux propriétés. Quand un courant intermittent passe à travers le noir de fumée A, ou quand un rayon intermittent tombe sur cette même substance à travers la plaque B, on peut percevoir un son intense en appliquant l'oreille au cornet acoustique C. Lorsqu'un courant intermittent et un rayon intermittent agissent simultanément, on entend deux sons musicaux distincts qui produisent un bruit de battement lorsque leur hauteur est à peu près la même.

66. — Depuis la découverte de Bell et Tainter, M. Preece et M. Mercadier ont considérablement étendu le champ de la radiophonie ; ils ont obtenu des sons de toutes sortes de substances par

Digitized by Google

radiation directe; mais, comme nous l'avons déjà dit précédemment, la démonstration de ces phénomènes n'exige pas l'usage de l'électricité et ne rentre pas par conséquent dans le cadre de cet ouvrage.

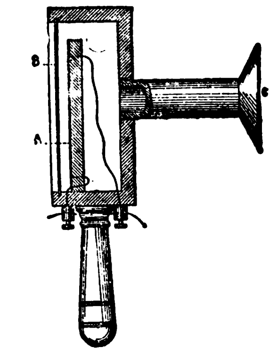


Fig. 68.

Graham Bell, pour expliquer ce fait, dit : « Je pense que nous sommes autorisés à conclure que la nature des rayons qui produisent des effets sonores dans différentes substances dépend de la nature des substances exposées au rayon et que dans tous les cas les sons doivent leur existence à ces rayons du spectre qui sont absorbés par le corps. »

M. Preece [1], entrant plus avant dans l'explication du phénomène, dit :

« Lorsque les rayons d'énergie rayonnante tombent sur le noir de fumée, ils échauffent cette substance : dans ces conditions les molécules d'air la frappent et rebondissent avec une vitesse plus grande, et produisent ainsi une pression plus considérable qui force l'air de se dilater. En se dilatant, l'air frappe le tympan de l'oreille d'une manière exactement correspondante, les dilatations n'étant ni plus ni moins que des vibrations sonores.

67. — Mercadier a construit un appareil basé sur les propriétés électriques du sélénium, et qui peut-être est appelé à rendre des services précieux pour les transmissions télégraphiques multiples. Mercadier lui a donné le nom de :

TÉLÉRADIOPHONE MULTIPLE AUTORÉVERSIBLE[2]

L'appareil se compose de plusieurs éléments radiophoniques de sélénium, qui sont contruits de la manière suivante :

Deux rubans de laiton très mince $\left(\frac{1}{10}\right.$ de millimètre environ d'épaisseur), *a a'* et *b b'* (fig. 69), dont l'un est représenté sur la

[1] W.-H. Preece. *Journal of the Society of Telegraphic Engineers*, May 12th, 1881

[2] *La Lumière Electrique*, IV, 1881, pp. 19, 295, 347.

Digitized by Google

figure par un trait plein, et l'autre par un trait pointillé, sont séparés par deux rubans de même largeur et d'environ $0^{mm},15$ d'épaisseur en papier parchemin qui servent d'isolant et qui peuvent être considérés comme représentés sur la figure par l'intervalle blanc qui existe entre les deux traits. L'ensemble des quatre rubans est enroulé en spirale aussi serrée que possible.

Le bloc ainsi formé est pris entre deux lames de laiton *c* et *d*, épaisses de 1 millimètre, qui communiquent avec les deux extrémités *a'* et *b'* des rubans métalliques et le tout est serré aussi fortement que possible entre deux morceaux de bois dur ou de laiton reliés l'un à l'autre par deux longues vis ou deux tiges à écrous M N isolées. Deux boutons d'attache A et B communiquent avec les lames *c* et *d* et par suite avec les bouts des rubans métal-

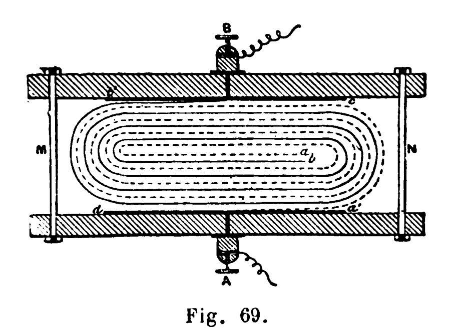


Fig. 69.

liques, qui forment l'un les spires d'ordre pair et l'autre les spires d'ordre impair.

Le bloc ainsi serré est limé sur deux faces d'abord grossièrement, puis aussi finement que possible et enfin poli au papier émeri. On recouvre ensuite les surfaces de sélénium d'une manière semblable à celle que nous avons décrite au § 63, et on laisse refroidir lentement l'appareil. On obtient ainsi des éléments excellents et on peut leur donner des résistances très variables, par exemple, en ne séléniant qu'une portion de la surface ou en la recouvrant d'abord tout entière et enlevant ensuite le sélénium par degré. On peut avoir de cette manière des appareils dont la résistance varie de 1,200 à 200,000 ohms et ils produisent tous des sons très nets.

La disposition pour la transmission de la parole avec cet appa-

Digitized by Google

reil est très simple. Une série d'éléments de sélénium de résistance variable est, au poste transmetteur, placé en circuit avec une pile de quelques éléments et avec la ligne qui, au poste récepteur, aboutit à un nombre égal de récepteurs. Des radiations lumineuses intermittentes, interrompues suivant un rythme déterminé, conformément à l'alphabet Morse, sont dirigées sur les transmetteurs. La hauteur de ces radiations est constante pour chaque transmetteur en particulier, mais varie pour les transmetteurs entre eux. Les récepteurs téléphoniques sont arrangés de manière à répondre seulement à leurs notes respectivement correspondantes. Chaque téléphone produira donc une série de notes musicales, longues ou brèves, qui seront interprétées à la station de réception à la manière des signaux Morse ordinaires. L'idée de Mercadier n'a pas encore jusqu'ici reçu de développement pratique.

63. — On a introduit tout récemment dans la pratique un appareil ingénieux qui combine les propriétés d'une sonnerie d'appel et d'un téléphone et qui promet d'être d'une grande valeur pour les communications domestiques. On l'appelle :

LE BOUTON TÉLÉPHONE[1]

Le but de cet instrument est de remplacer dans une installation ordinaire de sonnerie électrique le bouton d'appel par un bouton téléphonique, qui permette, en même temps qu'on sonne quelqu'un, d'entrer en conversation avec la personne sonnée.

L'appareil comprend deux parties, un socle fixé au mur ou sur une planchette, et une partie mobile que l'on prend à la main quand on veut faire usage du téléphone. La partie fixe et la partie mobile sont reliées par un cordon souple.

La figure 70 donne les détails, en grandeur d'exécution, des différentes pièces qui constituent l'appareil ; la figure 71 indique le schéma des connexions électriques. Les lettres sur la figure

[1] B. Marinovitch. *La Lumière Electrique*, n° 1, 1886, p. 3.

Digitized by Google

schématique et sur la figure 70 étant les mêmes, il sera très facile de suivre la description de l'appareil.

Le socle de l'appareil est représenté sur la droite de la figure 70 (vue de dos) ; ce socle est formé par une plaque métallique P, munie d'un rebord, sur lequel sont fixées quatre griffes G ; les griffes G embrassent la partie mobile lorsque l'appareil est au repos. La plaque P se fixe sur un mur ou sur une planchette au moyen de deux vis, montrées dans la figure. Les deux bornes *a* et *b* servent à recevoir les fils qui aboutissent d'habitude à un bouton d'appel ordinaire. De ces bornes partent deux fils 1 et 2

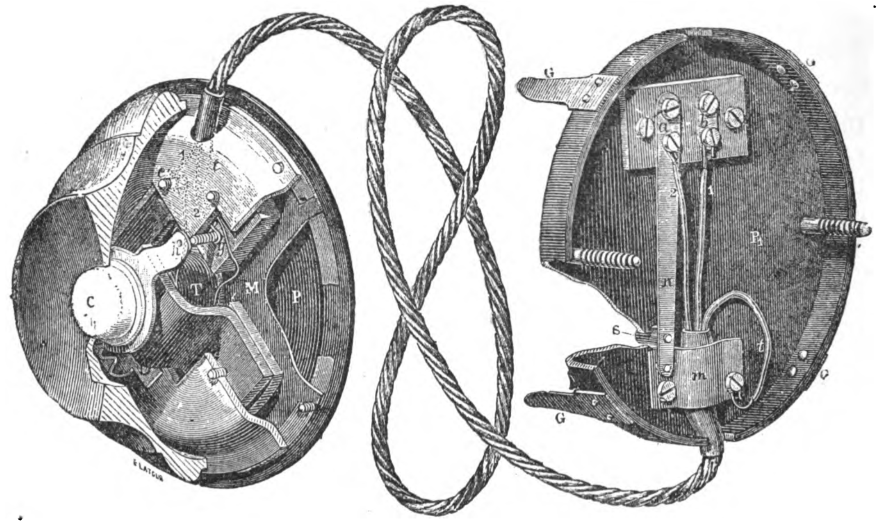


Fig. 70.

qui se rendent à la partie mobile de l'appareil. Un troisième fil *t*, qui forme avec les deux premiers un cordon souple, communique avec une touche métallique *m*. En regard de ce contact *m* est placée une lame élastique *n*, reliée à la borne *a* et portant à son extrémité une cheville *s* ; celle-ci traverse un orifice ménagé dans la plaque P et fait saillie sur la face antérieure de cette même plaque. Il résulte de cette disposition que, lorsque l'appareil est à l'état de repos, le contact entre *m* et *n* est ouvert ; tandis que ce contact se ferme par suite de l'élasticité de la lame *n*, dès qu'on prend le bouton à la main et qu'on sépare la partie mobile du socle.

Digitized by Google

La partie mobile, le bouton proprement dit, remplit toutes les fonctions d'un récepteur téléphonique dont M est la membrane et T la bobine, tandis que *h* est une lame élastique placée en regard d'un contact *g*; le tout est enfermé dans une enveloppe en bois ayant aforme et les dimensions d'un bouton de sonnerie ordinaire. La lame *h* est en communication avec la masse de l'appareil, tandis que le contact *g* est isolé de cette même masse.

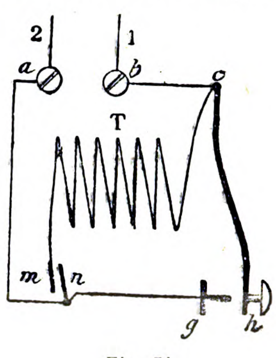


Fig. 71.

Par l'intermédiaire du cordon souple, on relie : 1° la masse de l'appareil avec le fil 1 et la borne *b* du socle ; 2° le contact isolé *g* avec le fil 2 et la borne *a* du socle ; et 3° l'une des extrémités du fil de la bobine avec le contact *m* du socle.

L'autre extrémité du fil de la bobine est en communication avec la masse de l'appareil. Il est facile de s'assurer que dans ces conditions le schéma de la figure 71 représente les liaisons électriques, les trois brins du cordon souple étant représentés par les portions du circuit *bc*, *ga* et T *m*.

LE PHONOGRAPHE

69. — Avant de passer aux applications du téléphone, nous devons donner une description sommaire du phonographe qui a produit une si grande sensation à l'époque de son invention par Edison, en 1877.

La figure 72 représente l'appareil, qui se compose d'une embouchure téléphonique, portant, tendu en travers de son ouverture intérieure, un diaphragme en métal ; au centre de ce diaphragme est fixée une pointe également en métal. Un cylindre de laiton est fixé sur un axe qui porte aussi une manivelle et un volant. L'axe du cylindre est muni d'un pas de vis, ainsi que les coussinets dans lequels il tourne, de manière que, lorsqu'on fait tourner l'axe, le cylindre reçoit un mouvement de translation horizontal

97126B

Digitized by Google

vis-à-vis de l'embouchure. Il est clair que la pointe fixée sur le diaphragme métallique doit donc tracer une spirale sur la surface du cylindre. On a taillé sur cette dernière une rainure hélicoïdale dont le pas est exactement celui de l'axe ; une feuille de papier d'étain est appliquée exactement sur la surface du cylindre. Lorsque des sons sont émis devant l'embouchure, le diaphragme entre en vibration, et la pointe dont il est muni presse avec plus ou moins de force sur la feuille d'étain aux endroits où celle-ci couvre la rainure hélicoïdale. Par suite, la feuille *m* ne se trouvant pas soutenue là par la surface solide du cylindre, reçoit des indentations, qui nécessairement représentent avec exactitude les vibrations sonores qui les produisent.

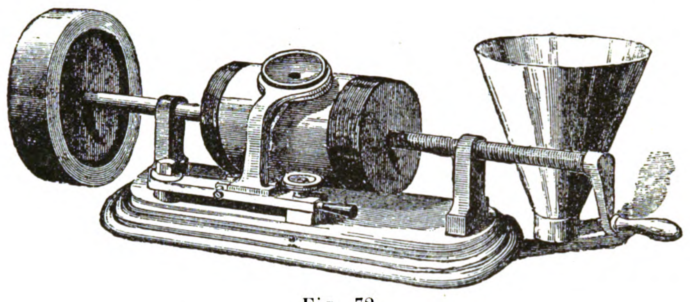


Fig. 72.

Le mécanisme servant à reproduire les sons se compose simplement d'un autre diaphragme tendu dans un tube au côté opposé de l'instrument (ce tube porte un cornet pour renforcer les sons), et d'une pointe métallique, qu'un ressort délicat tient pressé contre la feuille d'étain sur le cylindre ; un levier articulé permet de rapprocher ou d'éloigner l'embouchure du cylindre. Des changements importants ont été apportés récemment (1888) à cet appareil. Tainter a remplacé la feuille d'étain par un cylindre en cire ; un mouvement de rotation uniforme, qui est essentiel à la reproduction exacte de la parole, est obtenu par Edison au moyen d'un électromoteur. Ces nouveaux instruments ne sont pas encore dans le commerce.

Digitized by Google

THERMO-TÉLÉPHONE DE PREECE [1]

70. — La forme primitive de l'instrument est représentée par la figure 73. A est une planche solide d'acajou, sur laquelle était fixé un support en laiton C, qui pouvait glisser dans une rainure et être fixé de cette manière à une distance quelconque d'un mince disque en fer D. Un fil fin pp' est fixé au centre de ce disque et

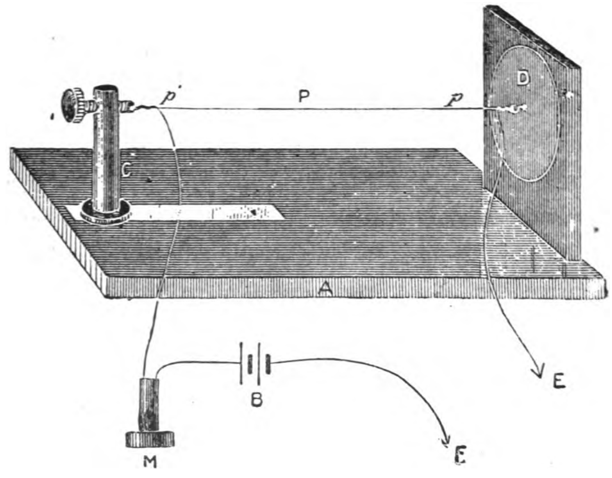


Fig. 73.

tendu au moyen d'une vis montée sur le support C. Les extrémités libres de ce fil sont reliées à des bornes sur la base en bois, de manière à pouvoir mettre le fil en circuit électrique avec un transmetteur téléphonique M et une pile de six éléments au bichromate de potassium.

Un fil de platine de $0^{cm}0076$ de diamètre et de 15 centimètres de long de p à p' fut d'abord employé, et les effets sonores furent surtout prononcés lorsqu'on parlait dans le transmetteur microphonique. L'articulation quoique voilée était distincte et les paroles pouvaient être facilement entendues.

La modification la plus récente de l'instrument, qui fut exposée

[1] *Proceedings of the Royal Society*, April 28th 1880.

Digitized by Google

à Vienne [1] en 1883, a la forme d'un tube de verre fermé par un bouchon de liège, à travers lequel deux fils pénètrent dans le tube. Entre ces deux fils est tendue une hélice de fil de platine très fin, d'une longueur de 5 centimètres environ. Les courants ondulatoires qui traversent la spirale de platine produisent des vibrations moléculaires et par suite des dilatations et des contractions du fil, par lesquelles l'air renfermé dans le tube est mis en vibration. Un cornet acoustique est attaché à l'extrémité inférieure du tube de verre et l'instrument peut être employé comme un récepteur.

On peut considérer tous les effets microphoniques comme dus à la chaleur qui est développée par le passage du courant entre deux contacts imparfaits de charbons, et qui fait varier la résistance du circuit et par suite les courants eux-mêmes (§ 25) ; des courants ondulatoires produits par ces vibrations sont envoyés sur la ligne et produisent des effets analogues dans le récepteur.

Si cette explication est correcte, un récepteur microphonique doit être réversible, tout comme un récepteur téléphonique, et M. le Prof. Hughes a montré que c'est réellement le cas.

UN TRANSMETTEUR TÉLÉPHONIQUE INCANDESCENT [2]

17. — M. le Professeur G. Forbes a fait récemment quelques expériences en se servant, pour transmetteur téléphonique, d'un fil porté à la chaleur rouge. Un fil mince de platine, d'un diamètre de $0^{cm}, 0025$ à $0^{cm}, 013$ et d'une longueur de plusieurs centimètres fut mis en circuit avec un accumulateur chargé et le fil primaire d'une bobine d'induction. Le fil secondaire était relié à un récepteur téléphonique. Le courant de l'accumulateur était assez puissant pour porter le fil fin du circuit primaire à une haute température et le rendre incandescent. Dans ces conditions, les paroles

[1] *Bericht über die Electrische Ausstellung*, Wien, 1883, p. 289.

[2] Professor G. Forbes F. R. S. on *A Thermal Telephone Transmitter*. Proc. Royal Society. February 1887.


Digitized by Google

prononcées devant le transmetteur pouvaient être entendues dans le récepteur. L'explication du phénomène est que les ondes sonores traversant le fil incandescent en succession très rapide, faisaient varier sa résistance en le refroidissant et faisaient varier ainsi l'intensité du courant dans le circuit primaire.

Les fluctuations de courant ainsi causées déterminaient des fluctuations correspondantes dans le circuit secondaire et celles-ci reproduisaient la voix dans le récepteur. Au lieu de fil droit, on essaya avec quelque succès des fils en spirale de la forme de ressorts de montre, en acier ou en platine iridié. Un diaphragme de caoutchouc fut également interposé entre la bouche et le fil chauffé. On trouva qu'il exerçait sur le fil la même influence que la voix directe. Des vibrations mécaniques n'affectaient pas l'appareil.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

SUR L'EFFICACITÉ COMPARÉE DE QUELQUES TRANSMETTEURS

72. — Les transmetteurs aussi bien que les récepteurs présentent cette particularité qu'il est difficile de les comparer entre eux avec la même exactitude que nous comparons par exemple les forces électromotrices de deux batteries ou le rendement de deux dynamos. Les appréciations qui ont été faites de différents systèmes sont une affaire d'opinions personnelles, et il est rare que plusieurs personnes puissent se mettre d'accord sur la supériorité d'un système. C'est d'ailleurs un fait admis qu'un certain nombre de transmetteurs microphoniques donnent des résultats à peu près identiques et que les légères différences qui existent nécessairement ne peuvent pas être perçues par une oreille peu exercée.

M. le Professeur Charles R. Cross, de Boston [1], a fait quelques essais pratiques ; à cet effet, il faisait passer les courants produits dans le circuit secondaire à travers un dynamomètre Kohlrausch très sensible, dont la résistance était de 206 ohms.

Les expériences portaient sur les voyelles *a*, *o*, *u*, *i* et sur le son d'un tuyau d'orgue donnant 512 vibrations à la seconde. Les transmetteurs expérimentés étaient ceux d'Edison, de Blake et de Hunning.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus en milliampères :

	a	o	u	i	Tuyau d'orgue
Edison..........	0,088	0,123	0,144	0,072	0,072
Blake...........	0,123	0,144	0,144	—	0,132
Hunning.........	0,737	0,787	0,503	0,213	0,556

[1] Rothen. *Journal Télégraphique*, 1887, n° 2.

Digitized by Google

Ces chiffres nous démontrent clairement que le transmetteur Edison, à pastille de noir de fumée, quoique sa reproduction soit très nette, donne des résultats relativement faibles et que le microphone Hunning est remarquable par la force des reproductions. Ils confirment ce que nous avons déjà dit plus haut que les microphones à matière granulée, du type Hunning (§ 51) se rangent parmi les meilleurs connus.

Il va sans dire que la bobine d'induction joue un grand rôle dans la force et la netteté des reproductions, un rôle beaucoup plus important qu'on ne croit généralement, et il n'y a pas de doute que beaucoup de microphones pourraient encore être améliorés sensiblement si l'on choisissait des bobines d'induction convenables. Dans ces bobines, comme nous l'avons montré au § 12, le nombre de tours de chaque circuit est l'essentiel, et la résistance est seulement un phénomène secondaire ; la longueur et la grosseur des bobines est donc aussi à prendre en considération.

De très nombreuses expériences ont été faites dans cette direction en Angleterre par l'Administration des Postes ; l'Administration des Téléphones de Suisse a aussi fait récemment des essais très complets avec dix bobines différentes construites pour le microphone Blake. Elles furent essayées par M. Abrezol, Directeur du réseau téléphonique de Genève, et à des distances diverses variant de 0,5 à 107 kilomètres. La construction des bobines était la suivante :

	CIRCUIT PRIMAIRE			CIRCUIT SECONDAIRE		
N° de la bobine	Nombre de tours de spire	Diamètre du fil en mm.	Résistance en ohms	Nombre de tours de spire	Diamètre du fil en mm.	Résistance en ohms
1	61	0,5	0,25	1 956	0,15	100
2	62	0,5	0,25	3 191	0,15	180
3	62	0,5	0,25	4 080	0,15	250
4	116	0,5	0,50	3 952	0,15	250
5	230	0,5	1,00	3 865	0,15	250
6	232	0,5	1,20	4 420	0,15	300
7	295	0,5	1,50	4 278	0,15	300
8	368	0,5	2,00	4 735	0,15	350
9	368	0,75	1,17	4 735	0,30	130,2
10	1 350	0,5	10,00	3 950	0,15	400

Digitized by Google

Au moyen d'un commutateur on pouvait, sans perte de temps, intercaler l'une quelconque des dix bobines dans le circuit du microphone et l'observateur pouvait en quelques moments passer par toutes les bobines, tout en conservant d'un essai à l'autre l'impression produite. Les résultats furent obtenus par comparaison avec un bon microphone Blake de fabrication américaine, et une bobine d'induction, dont le fil primaire avait une résistance de 1,05 et le fil secondaire de 180 ohms.

Si nous exprimons par le chiffre 1 l'intensité et la netteté de la bobine-étalon, les dix bobines donnèrent les résultats suivants :

DISTANCES		NUMÉROS DE LA BOBINE D'INDUCTION									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Genève-Genève 0,5 kilom......	Intensité.	0,3	0,7	0,9	1,5	1,3	1,5	1,3	1,3	1,7	0,3
	Netteté.	0,9	0,9	0,9	1,3	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,3
Genève-Lausanne 61, 6 kilom...	Intensité.	0,9	1,0	1,0	1,7	1,3	1,6	1,5	1,5	1,6	0,3
	Netteté.	1,0	1,1	1,3	1,5	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5
Genève-Vevey 79, 1 kilom...	Intensité.	0,3	0,9	0,9	1,3	1,1	1,7	1,1	1,1	1,7	0,3
	Netteté.	0,7	1,0	1,0	1,5	1,3	1,3	1,1	1,0	1,4	0,3
Genève-Montenest 85,3 kilom... .	Intensité.	0,7	1,0	0,9	1,3	1,3	1,7	1,5	1,5	1,6	0,3
	Netteté.	0,8	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,6	0,4
Genève-Bex 107, 4 kilom...	Intensité.	0,2	0,7	0,6	1,2	1,0	1,5	1,6	1,6	1,7	0,3
	Netteté.	0,9	1,0	1,0	2,5	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	0,1

Ce tableau, qui, eu égard à la nature des expériences, présente une concordance remarquable, prouve immédiatement qu'il faut rejeter les bobines 1 et 10. Les bobines 4, 6, 9 donnent les meilleurs résultats ; la bobine n° 4 est la seule qui, en toutes circonstances, donne une reproduction plus nette et plus intense que l'instrument étalon. La netteté de la reproduction s'affaiblit graduellement avec l'augmentation de longueur dans le circuit actuel ; le son devient plus diffus et voilé à cause des effets nuisibles de retardation de la self-induction. Sous ce rapport, la bobine n° 9 est surtout remarquable : pour de longues distances, elle surpasse le n° 4, mais puisqu'un même microphone doit servir aussi bien à l'intérieur d'un réseau que pour de longues distances, il faut choisir une moyenne et ne rien abandonner au hasard. Ces raisons feront préférer le n° 4. En Suisse, on a donc adopté une bobine

Digitized by Google

d'induction de la construction suivante : circuit primaire, 180 à 185 tours de 0,6 millimètres de diamètre (n° 23,B.W.G.) et 5 ohms de résistance ; circuit secondaire : 4.100 — 4.300 tours de fil de 0,15 millimètres de diamètre (n° 28 B.W.G.), et 250 ohms de résistance.

73. — Il est très probable que la bobine qui donne les meilleurs résultats dans le transmetteur Blake ne se comporte pas également bien dans d'autres systèmes ; les expériences faites avec une seule classe de transmetteurs doivent donc être multipliées.

M. Preece a fait une série d'expériences dans cette direction.

Après s'être procuré cinq différents transmetteurs employés sur le continent dans différents systèmes de Bureaux Centraux, il les compara à celui qui fait partie de l'instrument Gower-Bell (§ 35). Ils comprenaient les formes bien connues de d'Arsonval (§ 38), Mix et Genest (§ 50), Berliner (§ 53), De Jongh (§ 49).

On se servit pour faire les essais d'une ligne artificielle composée d'une série de bobines de résistance, enroulées en deux sens différents, et de condensateurs, divisés en plusieurs sections ; chacune desquelles avait une résistance de 3 ohms et une capacité de 1 microfarad. On établit la comparaison en déterminant l'instant où l'articulation perdait sa netteté avec les différents transmetteurs. Ceux-ci étaient en relation avec un commutateur, qui permettait à l'observateur d'intercaler dans le circuit l'un quelconque d'entre eux et de faire passer le courant par la même bobine, sans qu'il fût obligé d'interrompre pratiquement la conversation, le reste de l'appareil ne subissant aucun changement.

Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

TRANSMETTEUR essayé	RÉSISTANCE en ohms	CAPACITÉ en microfarad	K × R	REMARQUES
D'Arsonval. .	858	26	22.308	Ce résultat ne fut obtenu qu'après un réglage très soigné.
Berliner....	759	23	17.457	Ce transmetteur était affecté par l'humidité et K × R tomba à 13.260 après une conversation de 2 minutes.
Gower Bell.	693	21	14.553	
De Jongh...	693	21	14.553	
Mix et Genest	462	14	6.468	

Digitized by Google

La colonne 3, qui donne le produit de la capacité (K) et de la résistance (R) du circuit représente le point auquel l'articulation disparaissait complètement pour chaque transmetteur.

On compara de la même manière l'efficacité relative des différentes bobines d'induction dont ces transmetteurs étaient munis ; le circuit fut encore une fois arrangé de manière que les bobines pussent être substituées entre elles au moyen du commutateur, sans que la conversation dût être interrompue.

Les résultats sont indiqués ci-dessous :

BOBINE essayée	DIMENSIONS		RÉSISTANCES		LIMITE de la parole K × R
	Longueur (entre les joues) en mm	Diamètre extérieur en mm	Circuit primaire ohms	Circuit secondaire ohms	
Gower Bell..	82,55	44,45	0,5	250	14.553
D'Arsonval..	53,97	22,22	0,7	173	13.200
Berliner.....	63,50	31,75	0,6	188	13.200
De Jongh ..	82,55	34,92	0,22	143	10.692
Mix et Genest.	31,75	22,22	1,0	157	13.200

On voit que les résultats obtenus par l'Administration des Postes en Angleterre sont d'accord avec ceux obtenus par l'Administration suisse.

74. — La loi qui détermine la distance à laquelle il est possible de communiquer par téléphone sur des lignes terrestres, est identique à celle qui, comme l'a montré sir W. Thomson, détermine le nombre de courants qu'on peut transmettre par seconde à travers un câble sous-marin.

Chaque circuit a un temps constant qui dépend des conditions du circuit ; il est invariable pour un même circuit uniforme, mais il prend une valeur particulière pour chaque câble donné. Il représente le temps qui s'écoule depuis le moment où le contact est établi à la station de transmission jusqu'au moment où le courant commence à se manifester à la station de réception. Il est exprimé par la relation suivante :

$$a = \mathrm{B}krl^2$$


Digitized by Google

formule dans laquelle B représente une constante qui dépend principalement des unités employées; k la capacité inductive par unité de longueur (mille ou kilomètre); r la résistance par unité de longueur, et l la longueur en milles ou en kilomètres.

Ce temps constant représente donc la limite du nombre d'impulsions électriques qui peuvent être envoyées par seconde à travers un circuit quelconque.

Le tableau suivant donne la résistance et la capacité pour les fils employés en Angleterre :

	CAPACITÉ par mille en microfarad.	RÉSISTANCE par mille ohms de l'Ass. Brit.
N° 7 1/2, fil de fer	0,0168	12,0
N° 12 1/2, fil de cuivre	0,0124	5,7
Fil recouvert de gutta-percha et placé dans des tuyaux de fer.	0,2500	23,0
Fils recouverts de gutta-percha et réunis en câble	0,2900	8,4

La distance à laquelle on peut transmettre la parole n'est donc pas une question de longueur; elle dépend de la résistance du fil, de sa capacité inductive, et aussi de son inertie électro-magnétique. Les mérites relatifs du fer et du cuivre avec leurs propriétés caractéristiques seront discutés au chapitre suivant. Si nous considérons le cuivre comme la seule matière qu'on emploierait pour les longs circuits, parce qu'il est virtuellement libre d'inertie électro-magnétique, alors nous pouvons dire que la distance limite à laquelle il est possible de transmettre la parole (S) varie avec le produit de la résistance totale (R) et de la capacité totale (k), c'est-à-dire que la distance limite

$$S = KR \times \text{constante}. \qquad (1)$$

Ceci n'est qu'une autre forme de la loi de Thomson, car $K = lk$ et $R = lr$, et par suite

$$S = kr\, l^2 \times \text{constante}.$$



Nous pouvons donc mettre l'équation (1) sous la forme :

$$A = Kr\,x^2 \qquad (2)$$

et en donnant à A les valeurs suivantes, qui ont été fournies par l'expérience :

Cuivre (aérien)	15 000
Câbles et fils souterrains	12 000
Fer (aérien).	10 000

nous pouvons déterminer la distance limite pour la transmission de la parole pour toutes espèces de fils, puisqu'on a

$$x^2 = A/Kr.$$

Prenons par exemple le cuivre, pour lequel la constante est 15000, et supposons un fil ayant une résistance de 1 ohm par mille, et une capacité de 0,0124 microfarad par mille, nous aurons

$$x^2 = \frac{15\,000}{0,0124}$$
$$x = 1\,100 \text{ milles}$$

qui représente la limite de la distance à laquelle on peut transmettre la parole sur ce fil. Naturellement les constantes qui nous donnent les distances auxquelles la parole est facile et pratique sont moindres que celles-ci. Elles sont comme suit :

Cuivre (aérien).	10 000
Câbles et fils souterrains.	8 000
Fer (aérien).	5 000

Lorsque le produit $K \times R$ donne un nombre inférieur à ceux-là, la parole sera facile.

75. — On peut encore faire ressortir une autre conséquence intéressante de la loi de Thomson : la vitesse de transmission entre les deux stations est exactement la même, soit que la ligne se compose d'un seul fil complété par la terre, soit d'un fil double établissant un circuit métallique complet, et par conséquent la distance à laquelle on peut parler est absolument la même pour un fil simple que pour un fil double. La raison en est que tout en


Digitized by Google

doublant la résistance dans le dernier cas, nous diminuons de moitié la capacité totale, et le produit reste par conséquent le même.

La différence entre le cuivre et le fer provient de la présence de la self-induction ou de l'inertie électro-magnétique de ce dernier métal, et la différence entre les fils de cuivre aériens et les fils de cuivre souterrains provient de la décharge rapide de la ligne à la terre, favorisée dans le premier cas par l'isolation imparfaite en tant de points différents ; avec des fils recouverts de gutta-percha, au contraire, la décharge ne peut avoir lieu qu'à l'extrémité de la ligne.

Il n'y a aucune difficulté à faire fonctionner des téléphones avec des fils souterrains, même d'une longueur de 50 milles (80 kilomètres), lorsqu'ils sont arrangés comme il faut.

L'équation (2) permet de calculer facilement la limite de fonctionnement pour différents fils isolés, et le tableau suivant indique cette limite pour divers fils recouverts de gutta-percha :

DIMENSION DU FIL [1]	k en microfar.	r en ohms	LIMITE de transmission de la parole
$\frac{20}{11}$	0,270	45,00	32 milles
$\frac{18}{7\frac{1}{2}}$	0,250	23,00	46 —
$\frac{16}{4}$	0,240	13,00	62 —
$\frac{14}{2}$	0,290	8,4	70 —

[1] Le chiffre supérieur indique le numéro de jauge du fil et le chiffre inférieur celui de la gutta-percha (on trouvera un tableau de la jauge britannique à la fin du volume).

Digitized by Google

CHAPITRE X

FIL TÉLÉPHONIQUE

A. — LIGNES AÉRIENNES

76. — On emploie surtout deux sortes de fils pour la construction des lignes téléphoniques : le fil de fer et le fil de cuivre.

Dans un réseau téléphonique où plusieurs centaines de fils sont disposés côte à côte et se croisent dans toutes les directions, il est nécessaire avant tout de choisir le fil qui offre le plus de résistance mécanique, afin de prévenir autant que possible toute rupture. Celle-ci serait une cause de grands inconvénients : non seulement elle mettrait un obstacle sérieux au bon fonctionnement des lignes avec lesquelles le fil s'enchevêtrerait, par suite des dérivations qui en seraient la conséquence, mais les fils aériens ne tarderaient pas à tomber à terre et à gêner le trafic dans la rue.

Dans le choix des endroits pour l'établissement des supports des fils, on doit prendre en considération les conditions locales et, dans beaucoup de cas, les préjugés personnels. C'est de cette manière que s'imposent les longues portées, qui mettent souvent à la plus rude épreuve la solidité des supports et des fils.

A ce point de vue, les fils d'acier se recommandent naturellement pour les lignes téléphoniques, et tant par raison d'économie que de sécurité on choisira de préférence un fil du plus petit diamètre possible, de façon à réduire le poids au minimum. Tandis qu'à Londres on emploie un fil à trois brins (de la jauge n° 18), on se sert beaucoup ailleurs d'un fil de fer galvanisé de 2 millimètres de diamètre environ (n° 12 B. W. C.) pouvant travailler à 440 kilogrammes (900 livres). Cependant ce fil a une résistance

Digitized by Google

électrique élevée, atteignant en moyenne 54 ohms par kilomètre (environ 100 ohms par mille) ; mais ce désavantage ne se fait presque pas sentir dans le cas de lignes urbaines où les distances sont faibles.

La couche de zinc dont on couvre le fil d'acier par le procédé de la galvanisation est très importante : souvent, en effet, les lignes passent directement au-dessus de cheminées et de foyers, qui dégagent des gaz délétères par lesquels l'acier serait bientôt détruit. Même la couche de zinc ne résiste pas parfaitement à cette influence destructive. Dans des conditions défavorables, il suffit de deux ou trois ans pour détruire entièrement le fil d'acier. Dans les endroits exposés d'une manière particulière, on emploie un fil protégé par une garniture de chanvre ou de ruban revêtu d'une substance isolante et il paraît que ce fil peut servir pendant plusieurs années.

Le fil de cuivre a cependant dans les dernières années remplacé en grande partie le fil d'acier. Le fil de cuivre pur, tel qu'on le fabrique maintenant, est en réalité plus résistant que le fil de fer de même diamètre et se rapproche, pour ce qui regarde la résistance à la traction, du meilleur fil d'acier. On est aussi parvenu à augmenter sa résistance par l'addition de certaines substances, comme le chrome, le phosphore ou le silicium, et aussi par un traitement spécial qu'on lui fait subir pendant qu'on l'étire (fil étiré dur); ces traitements spéciaux ne font pas beaucoup perdre au fil de sa conductibilité, tandis qu'il lui font gagner énormément en résistance mécanique.

Pour les lignes téléphoniques en fil de cuivre, on emploie beaucoup un fil de 0,8 millimètres de diamètre (n° 21), qui est six fois plus léger que le fil d'acier de 2 millimètres, et qui par suite permet d'employer un support beaucoup plus léger également. Un autre avantage, c'est que ce fil fin est beaucoup moins visible et par conséquent blesse beaucoup moins la vue que le fil d'acier plus gros.

77.—Mais les propriétés électriques du fil de cuivre sont encore plus précieuses pour la téléphonie que ses qualités mécaniques. Nous voulons parler évidemment de la conductibilité plus élevée

Digitized by Google

et aussi de l'absence d'inertie électromagnétique qui caractérisent ce métal (§ 74). M. Preece [1] a trouvé comme résultat d'un grand nombre d'expériences faites avec un fil de fer et un fil de cuivre entre Londres et Newcastle que la vitesse de transmission électrique par un fil de cuivre surpasse celle d'un fil de fer de 11, 19 à 21 p. 100, ou en moyenne de 16,1 p. 100.

M. le Prof. Hughes [2] a montré que ce qu'il appelle la capacité inductive du cuivre est seulement 20, dans la supposition que celle du fer doux de Suède soit représentée par le nombre 100. Cependant, d'après le Prof. Hughes, cette capacité inductive ne dépend pas seulement de la condition physique du conducteur, mais aussi de sa forme et elle est quelque chose de plus qu'une simple inertie électromagnétique ; un conducteur à brins, par exemple, fait de fil de fer mince, a une capacité inductive inférieure, d'après M. le Prof. Hughes, à celle d'un fil de cuivre uni de même section transversale.

Un autre avantage du fil de cuivre et qui est extrêmement important, est sa capacité électrostatique très peu élevée. Si nous prenons un fil de cuivre et un fil de fer de même résistance électrique, et que le premier ait un diamètre de 2 millimètres, le dernier en aura un de 8 millimètres. Le fil de cuivre serait six fois plus léger que le fil de fer, et sa surface serait deux fois et demie moindre. Le fil serait par suite isolé plus facilement et sa capacité électrostatique serait moins élevée. On doit considérer un fil aérien comme un condensateur dont les deux armatures sont, d'une part, le fil, et, d'autre part, la terre, et dont le milieu isolant est l'air qui sépare les deux. La capacité électrostatique (K) d'une ligne aérienne est déterminée par la formule :

$$K = \frac{l}{2 \log\left(\frac{4h}{d}\right)}$$

où l est la longueur, h l'élévation du fil au-dessus du sol et d son diamètre.

78. — Des expériences faites sur les lignes télégraphiques dans

[1] Communication présentée à l'Association Britannique à Aberdeen, 1885.
[2] Discours présidentiel prononcé à la Society of Telegraph Engineers, 28 janvier 1886.


Digitized by Google

le nord de l'Angleterre, montrèrent que l'élévation moyenne du fil de cuivre au-dessus du sol est de $6^m,90$ et celle du fil de fer (fixé un peu plus bas sur les mêmes poteaux) de $6^m,60$. Les diamètres sont respectivement de 2 millimètres et de $4^{mm},27$. Pour le fil de cuivre, le calcul donnait une valeur de $K = 4,1398791$, et pour le fil de fer $K = 3,7906078$.

De là :

$$\frac{3,7906078}{4,1398791} = 0,916$$

Ce qui donne pour la capacité du fil de cuivre 8, 4 p. 100 de moins que pour celle du fil de fer. Ce résultat concorde d'une manière très satisfaisante avec la valeur moyenne des différences de capacité, telle qu'elle fut donnée par des mesures directes, qui la portèrent à 9, 1 p. 100. La capacité moyenne d'un seul fil de fer de 4,27 millimètres de diamètre, tendu à 6 mètres environ du sol, était de 0,0131 microfaradpar mille ; tandis qu'un fil de fer du même diamètre et tendu à la même hauteur, mais entouré d'autres fils, aurait une capacité moyenne de 0,0169 microfarad par mille. La capacité d'un fil de cuivre de 2 millimètres de diamètre dans des conditions semblables serait d'environ 0,0120 et 0,0142 microfarad par mille respectivement.

79. — Il y a encore un autre avantage à employer les fils de cuivre pour les lignes téléphoniques, c'est que les lignes de cuivre sont beaucoup moins bruyantes que celles de fer. Outre les bruits qui proviennent, soit de vibration mécanique, soit de l'induction des fils téléphoniques ou télégraphiques les uns sur les autres, il s'en produit qui sont le résultat de causes terrestres. Chaque fil se trouve dans le champ magnétique de la terre et quand de grands vents donnent à ce fil un mouvement oscillatoire très prononcé, il s'y développe des courants induits. On observe surtout ces courants dans les lignes qui ont la direction nord-sud et qui, dans leurs vibrations, coupent ainsi à angle droit les lignes de force de la terre. Ils se manifestent beaucoup plus énergiquement dans les fils de fer que dans les fils de cuivre, parce que les

Digitized by Google

premiers se comportent comme des aimants linéaires et concentrent les lignes de force [1].

80. — Il y a évidemment d'autres bruits encore provoqués par des courants d'une nature différente, qui se présentent dans les fils de cuivre aussi bien que dans les fils de fer. Quand les deux extrémités de la ligne sont mises à la terre, les deux plaques de terre, en règle générale, n'auront pas le même potentiel, surtout si les deux endroits occupent une position différente par rapport à l'altitude et aux conditions géologiques du sol. Il se produit ainsi dans ce fil un courant continu qui n'a pas d'effet sur le téléphone ; mais si ce courant devient intermittent, par exemple par suite de la résistance d'un joint défectueux agité par le vent, ou par suite d'une isolation variable causée par la pluie, ou encore par suite d'une action électrolytique sur les plaques de terre, il ne tardera pas à devenir une cause perturbatrice. Ces perturbations intermittentes, qui sur une longue ligne peuvent se répéter à de fréquents intervalles, sont très gênantes, surtout par un temps humide. Nous devons faire observer ici qu'un bout de la ligne peut être parfaitement tranquille, pendant que l'autre est si bruyant que toute communication devient impossible. C'est souvent le cas lorsque l'atmosphère est chargée d'électricité. Ces faits montrent clairement que l'on ne doit pas penser que, sur les longues lignes, toute perturbation électrique parcourt la ligne d'un bout à l'autre. Il peut très bien se faire qu'une telle perturbation soit limitée à une partie de la ligne seulement, sans que le reste en soit affecté le moins du monde.

81. — Nous devons ici attirer l'attention sur le fait que l'emploi du fil de cuivre exige beaucoup de soins sous tous les rapports. Le fil adopté par le British Post Office est soumis à une inspection très rigoureuse. Il est jaugé avec soin et éprouvé au point de vue de la ductilité et de sa résistance à la traction.

On l'enroule six fois sur lui-même, puis on le déroule et on l'enroule encore et il doit passer par ces essais sans se briser.

[1] Weitlisbach. *Die Technik des Ferrsprechens*. Wien, 1886, p. 109.

Digitized by Google

Un morceau du fil est ensuite serré par ses deux bouts entre deux étaux, séparés par une distance de 7,5 centimètres et dont l'un est fixe, tandis que l'autre reçoit un mouvement lent de rotation jusqu'à ce que le fil rompe. Le nombre de torsions que le fil peut supporter est indiqué par une marque à l'encre, que l'on fait, avant de commencer l'essai, sur la face supérieure de l'échantillon, et qui forme sur le fil, à mesure qu'il est tordu, une hélice dont on peut facilement compter les spires.

L'essai de sa résistance à la traction se fait par l'application directe d'un effort que l'on augmente graduellement jusqu'à la rupture du fil. On l'appelle fréquemment la *charge de rupture*. La résistance d'élasticité est l'effort qui produit une déformation permanente et elle indique la limite d'élasticité.

Le *coefficient de résistance à la traction ou à l'extension* est l'effort en kilogrammes, que peut supporter une pièce en toute sécurité par millimètre carré de section. Cette charge est pour les métaux $\frac{1}{6}$ de la charge qui détermine la rupture.

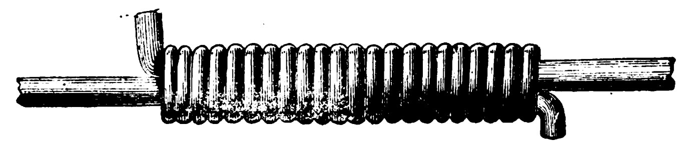


Fig. 74.

Dans la pose des fils, il faut prendre de grandes précautions avec le fil de cuivre. On ne doit pas jeter les bobines nonchalamment de côté et d'autre comme on peut le faire impunément avec le fil de fer. Les gerçures, les indentations, les raies, les faux plis ou nœuds et d'autres défauts semblables agissent à peu près comme les raies du diamant sur le verre; le fil devient cassant. C'est pourquoi on a construit des tambours spéciaux munis de freins qui permettent de dérouler les bobines de fil sous tension et préviennent ainsi la possibilité des faux plis ou nœuds et la production de torsions inutiles dans le fil.

Les joints sont les joints britanniques ordinaires (fig. 74), surliés avec du fil de cuivre étamé n° 20; comme fondant pour la soudure,

Digitized by Google

on emploie le chlorure de zinc ou la solution de Baker[1]. Il est absolument nécessaire d'éviter l'application continue de la chaleur, car la chaleur affaiblit le fil : la rapidité dans la soudure est donc essentielle.

82. — Laissant maintenant la considération de la matière du fil, nous passons à un autre point extrêmement important : — l'isolation de la ligne. Aux débuts de la téléphonie, les distances de transmission électrique étaient si limitées qu'une isolation moins parfaite n'était pas un inconvénient sérieux; mais il en est tout autrement maintenant que nous avons des communications téléphoniques à longue distance. L'expérience a montré que l'isolation a un effet très prononcé sur la netteté de la transmission. D'abord, une déperdition de courant et, comme conséquence nécessaire, un affaiblissement des sons transmis est un des résultats d'une isolation imparfaite. Chaque point d'attache des fils doit être considéré comme une dérivation à la terre plus ou moins efficace. Si l'isolation est bonne, le courant dérivé sera faible ; si, au contraire, elle est mauvaise, une plus grande fraction du courant sera dérivée ; plusieurs milliers de ces points d'attache, qui doivent naturellement se présenter sur de longues lignes, auront un effet extrêmement funeste sur l'intensité des courants transmis.

83. — Un autre désavantage, c'est que dans le cas d'un grand nombre de fils parallèles fixés sur le même support, le courant dérivé ne passe pas seulement à la terre, mais aussi, et souvent peut-être pour la grande partie, sur les fils voisins; le courant dérivé augmente alors avec le nombre de points d'attache que les fils ont sur le même poteau. Il peut arriver facilement de cette manière que les contacts deviennent assez étroits pour permettre d'entendre la conversation transmise le long d'une ligne dans les téléphones de toutes les lignes voisines. Cet effet fâcheux peut être causé non seulement par contact, mais aussi par *induction*. Nous avons déjà traité au chapitre II de ce phénomène. Mais nous pouvons décrire ici un moyen que l'on a imaginé dans le but

[1] Zinc, acide chlorhydrique et ammoniaque.

Digitized by Google

de neutraliser l'effet de cette induction sur les circuits téléphoniques. Tout au commencement de la téléphonie on découvrit qu'un circuit téléphonique à deux fils était beaucoup mieux à l'abri des perturbations qu'un circuit à fil simple, et M. le Professeur Hughes fit observer qu'en tordant les fils ensemble on parvenait à éliminer encore davantage l'effet de ces perturbations. Le regretté M. Charles Moscley essaya ce moyen entre Manchester et Oldham.

Circuit télégraphique.

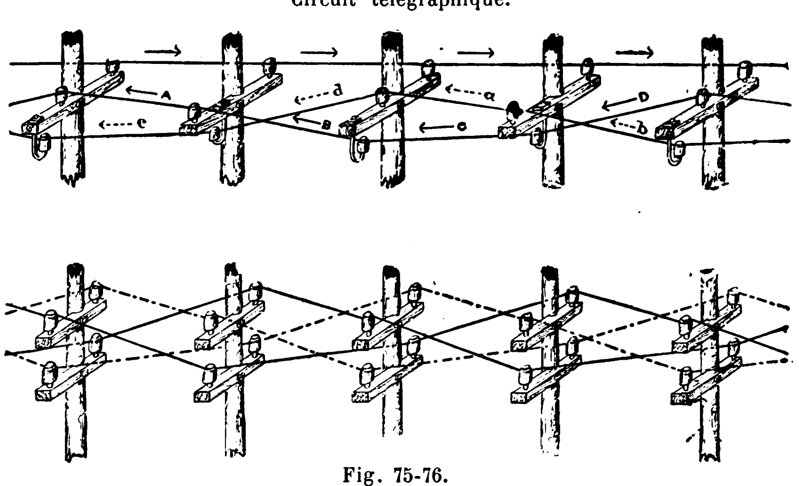


Fig. 75-76.

On le pratique maintenant de la manière indiquée par les figures 75 et 76. On voit que les fils font un tour complet dans une longueur de quatre portées de la ligne ; les deux fils sont donc maintenus à la même distance moyenne de toutes les influences perturbatrices extérieures, comme par exemple un circuit télégraphique en fonctionnement ou un autre fil téléphonique. Ainsi, dans la figure 75, l'influence perturbatrice du fil télégraphique sur les portées A, B, C, D d'un des deux fils téléphoniques est exactement équilibrée par la même influence perturbatrice sur les portées correspondantes *a*, *b*, *c*, et *d* du fil de retour. La figure 76 montre la disposition adoptée lorsque deux circuits téléphoniques sont fixés sur les mêmes poteaux.

Les raisons données plus haut font qu'il n'est pas seulement à désirer, mais absolument nécessaire d'obtenir l'isolation la plus parfaite possible.

Digitized by Google

On emploie généralement des isolateurs en porcelaine de même forme que ceux en usage pour les lignes télégraphiques.

84. — Ce qui détermine la distance séparant les isolateurs, c'est la considération qu'un vent même fort ne doit produire aucun contact entre parmi les fils. L'expérience a montré que, pour des portées moyennes, une distance de 40 centimètres est le minimum que l'on puisse tolérer, quand il n'y a pas de joints dans la section. Pour des portées plus petites, le minimum à adopter est de 30 centimètres et pour des portées de plus de 200 mètres, il ne doit pas être inférieur à 50 centimètres. L'Administration des Postes en Angleterre a fixé la distance des fils à (18 pouces) 45 centimètres.

85. — Une autre considération, qui est de la plus haute importance pour des réseaux de fils téléphoniques, est la longueur de la flèche que prennent les fils entre deux supports.

Le soin et l'exactitude sont si importants dans la pose des fils de cuivre qu'on a introduit une méthode tout à fait nouvelle. Jusqu'ici on avait l'habitude de donner aux fils une flèche de 24 pouces par 100 yards [1]; la variation pour différentes portées et températures était donnée par des tables, mais les chefs poseurs se laissaient gouverner par des règles empiriques et consultaient surtout l'œil. Un tel procédé n'est pas assez rigoureux quand on emploie le cuivre. Aussi a-t-on imaginé des dynamomètres spéciaux (fig. 77) que l'on a munis de ressorts de Salter et gradués convenablement. Le fil est ainsi toujours tendu à sa tension exacte.

La variation de la longueur du fil d'une portée due à des changements de température, a nécessairement pour effet de faire varier l'effort exercé sur le fil. Il faut tenir compte de cela dans la pose. Lors de l'introduction du dynamomètre cité plus haut, le British Post Office a publié un tableau donné ci-dessous et qui donne les flèches et efforts correspondants pour des fils de fer et de cuivre à différentes températures.

Le facteur de sûreté, qui a servi de base à ce tableau est 4 à la

[1] Ce qui équivaut à 2 p. 100 de la portée.

Digitized by Google

température minimum de 5° C. pour tous fils; c'est-à-dire, que les fils posés conformément à cette table n'auront jamais à supporter un effort de plus d'un quart de leur charge de rupture nominale aussi longtemps que la température ne tombe pas au-dessous de 5° C.

TABLEAU MONTRANT LES FLÈCHES ET LES EFFORTS AVEC DES PORTÉES ET DES TEMPÉRATURES VARIABLES POUR DES FILS DE FER ET DE CUIVRE

400 *livres de fil de fer* (N° 7 1/2)

PORTÉE	BASSE TEMPÉRATURE D'HIVER		TEMPÉRATURE ORDINAIRE D'HIVER		TEMPÉRATURE MOYENNE D'ÉTÉ		TEMPÉRATURE ÉLEVÉE D'ÉTÉ	
	FLÈCHE	EFFORT	FLÈCHE	EFFORT	FLÈCHE	EFFORT	FLÈCHE	EFFORT
Yards	Pieds,pouces	Livres	Pieds,pouces	Livres	Pieds,pouces	Livres	Pieds,pouces	Livres
100	3 1 3/4	270	3 9	227	4 3 1/4	200	4 8 7/8	180
90	2 6 5/8	270	3 1 3/4	219	3 2 3/4	190	4 0 7/8	169
80	2 0 1/4	270	2 7 1/8	210	3 0 3/4	178	3 5 5/8	157
70	1 6 1/2	270	2 1 1/4	198	2 6 1/2	164	2 10 7/8	143
60	1 1 5/8	270	1 8	184	2 0 3/4	148	2 4 3/4	128
50	0 9 1/2	270	1 3 1/2	165	1 7 3/4	130	1 11 1/4	110

150 *livres de fil de cuivre dur* (N° 12 1/2)

100	2 8	120	3 7	89	4 5 7/8	74	4 11 1/2	64
90	2 2	120	3 1	84	3 9 1/2	69	4 4 1/8	60
80	1 8 3/8	120	2 6 7/8	80	3 2 1/2	64	3 8 7/8	54 1/2
70	1 3 5/8	120	2 1 3/4	73	2 8 5/8	57 1/2	3 2 1/2	49
60	0 11 5/8	120	1 9	66	2 3 1/8	51	2 8 1/4	43
50	0 8	120	1 4 3/8	56	1 10	44	2 2 3/8	36 1/2

100 *livres de fil de cuivre dur* (N° 14)

100	2 8	80	3 7	59	4 3 7/8	49	4 11 1/2	43
90	2 2	80	3 1	56	3 9 1/2	46	4 4 1/8	40
80	1 8 3/8	80	2 6 7/8	53	3 2 1/2	42 1/2	3 8 7/8	36
70	1 3 5/8	80	2 1 3/4	49	2 8 5/8	38	3 2 1/2	33
60	0 11 5/8	80	1 9	44	2 3 1/8	34	2 8 1/4	29
50	0 8	80	1 4 5/8	39	1 10	29	2 2 3/8	24

L'effort pour 200 livres de fil de fer (n° 10 1/2) est la moitié de celui pour 400 livres.

Digitized by Google

L'effort pour 200 livres de fil de cuivre (n° 11 1/2) est double celui pour 100 livres de fil de cuivre.

La température minimum est prise à 5° C. : la température ordinaire d'hiver peut être prise à 2° C., la température moyenne d'été à 12° C. et celle d'un jour de grande chaleur à 26° C. Ces chiffres peuvent remplacer en pratique l'emploi de thermomètres qui, placés au soleil, ne donneraient pas, en règle générale, la température réelle d'un fil pendant la pose.

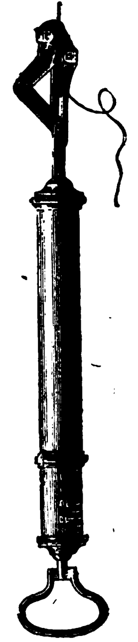
L'effort tel qu'il est mesuré par le dynamomètre, doit correspondre dans tous les cas à celui donné dans le tableau pour un conducteur donné et la portée moyenne à la température qui règne pendant la pose du fil. Cet effort, comme il a été dit plus haut, variera pour différentes portées à la même température, mais pour une ligne quelconque donnée, les chiffres qu'on lira en regard de la portée et de la température moyennes sont ceux qu'on emploie dans la pratique.

Les flèches et les efforts pour les fils de cuivre et de fer ne varient pas dans les mêmes rapports avec les changements de température, parce que le cuivre a un coefficient de dilatation plus élevé que le fer. Avec les portées de moins de 80 yards, la différence n'est pas assez grande pour rendre dangereux l'emploi simultané en lignes parallèles du fer et du cuivre ; mais au delà de cette longueur, à mesure que les portées augmentent, il peut naître un certain danger de contact et, pour obvier à cette difficulté, on peut s'écarter légèrement des chiffres donnés dans le tableau. Par exemple, dans des cas particuliers, on peut donner aux fils de cuivre une flèche plus grande ou aux fils de fer une plus petite. Il vaut mieux cependant de ne pas employer le cuivre et le fer en même temps sur des portées qui dépassent 80 yards.

Le dynamomètre dont nous avons parlé plus haut est représenté (fig. 77.) Il se compose essentiellement d'un puissant ressort en acier, appelé ressort de Salter et enfermé dans un tube de laiton. L'un des bouts du ressort porte une griffe spéciale, tandis que l'autre est fixé à l'intérieur du tube. Selon que la griffe est plus ou moins tirée vers l'extérieur, la traction qui s'exerce sur le ressort d'acier est plus ou moins forte et peut être observée sur une échelle

Digitized by Google

gravée sur la tige qui joint le crochet et le ressort. Le fil est d'abord serré dans la griffe et le tube retiré en arrière au moyen d'un anneau jusqu'à ce que l'échelle indique la tension voulue; alors le fil est attaché à l'isolateur de la manière décrite à la page 128, figure 79.


Fig. 77.

C'est cette méthode que le British Post Office emploie maintenant exclusivement pour la pose des fils de cuivre, et aussi pour celle des fils de fer, lorsqu'on prévoit la probabilité que des lignes de fil de cuivre seront placées sur les mêmes poteaux.

86. — M. Rothen[1], Directeur-Assistant des télégraphes suisses, a aussi calculé la longueur de la flèche à donner, pour les portées et les températures principales en se basant sur le coefficient d'expansion du fil d'acier de 2 millimètres de diamètre, et en partant de la règle que la tension du fil ne doit jamais dépasser 60 kilogrammes. Les résultats de ces calculs sont réunis dans le tableau suivant:

PORTÉE en mètres	FLÈCHE EN CENTIMÈTRES A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES (en degrés centigrades)										
	— 25°	— 20°	— 15°	— 10°	— 5°	0°	+ 5°	+ 10°	+ 15°	+ 20°	+ 25°
50	13	28	36	49	49	53	57	62	67	71	76
60	20	34	44	50	58	63	70	77	80	85	88
70	25	41	52	61	70	76	83	88	93	100	104
80	33	47	60	70	80	90	97	102	108	113	118
90	41	58	70	80	90	100	108	115	120	128	134
100	54	68	83	95	107	114	123	132	141	150	156
120	75	90	106	120	131	140	154	164	174	182	188
140	100	118	136	150	162	176	187	197	207	217	226
160	128	146	163	180	196	207	220	230	240	250	264
180	164	182	200	214	227	240	257	268	278	290	300
200	211	228	248	263	278	290	306	317	330	340	347
250	321	340	360	375	390	410	423	438	448	458	466
300	462	482	502	520	540	560	575	590	605	620	636
350	638	660	680	700	720	733	756	770	787	800	814
400	830	850	875	897	920	936	950	970	980	1.008	1.026
500	1.280	1.300	1.325	1.350	1.368	1.375	1.400	1.420	1.435	1.455	1.470
600	1.825	1 850	1.870	1.890	1.920	1.940	1.965	1.990	2.015	2.040	2.065
700	2.515	2.550	2.275	2.605	2.640	2.670	2.695	2.720	2.750	2.773	2.800

[1] *Journal Télégraphique*, vol. VII, p. 101.

Digitized by Google

Ce tableau fait ressortir deux particularités remarquables, qu'il partage d'ailleurs avec tous les tableaux similaires.

La première est la rapidité avec laquelle la flèche augmente avec l'accroissement de la portée et la seconde est la différence de l'allongement proportionnel des flèches, des basses aux hautes températures pour les grandes ou pour les petites portées.

Ainsi, par exemple, un fil de 50 mètres de portée exige à + 10° une flèche minimum de 62 centimètres; tandis qu'un autre fil de 700 mètres de portée exige à la même température úne flèche de 2720 centimètres. D'un autre côté, dans le cas de petites portées, la flèche augmente rapidement avec l'élévation de température, tandis que pour de longues portées, cet accroissement est relativement peu considérable.

La flèche d'un fil de 50 mètres de portée augmente d'environ 600 p. 100 de — 25° à + 25°; tandis que celle d'un fil de 700 mètres de portée dans les mêmes conditions augmente seulement de 12 p. 100. Il résulte de là que nous n'avons rien à craindre des basses températures pour les longues portées; mais qu'elles peuvent devenir fatales pour les petites si, par inattention, la flèche a été prise trop petite.

PORTÉE en mètres	TENSION EN KILOGRAMMES POUR DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES (en degrés centigrades)										
	— 25°	— 20°	— 15°	— 10°	— 5°	0°	+ 5°	+ 10°	+ 15°	+ 20°	+ 25°
50	60,0	27,5	22,3	18,8	16,4	14,7	13,5	12,5	11,6	11,0	10,5
60	60,0	33,0	26,0	22,0	19,2	17,2	15,9	14,7	13,8	13,0	12,6
70	60,0	37,0	29,4	25,0	22,2	20,0	18,5	17,0	16,2	15,3	14,6
80	60,0	41,0	32,6	27,6	24,6	22,3	20,6	19,0	18,2	17,2	16,3
90	60,0	43,7	31,6	30,3	27,0	24,5	22,8	21,4	20,1	19,0	18,0
100	60,0	45,4	37,8	32,6	29,5	27,0	25,1	23,5	22,0	20,7	19,7
120	60,0	48,2	41,3	36,5	33,1	30,8	28,8	27,3	25,7	24,6	23,7
140	60,0	50,7	44,8	40,4	37,1	34,5	32,7	31,0	29,5	28,2	27,2
160	60,0	53,0	48,2	44,0	40,7	38,0	36,0	34,2	32,6	31,4	30,4
180	60,0	54,4	50,0	46,3	43,2	40,6	38,5	36,7	35,1	33,9	33,0
200	60,0	55,4	51,7	48,5	45,7	43,5	41,3	39,5	38,0	36,6	35,6
250	60,0	56,2	53,3	50,8	48,6	46,0	44,7	43,2	41,9	40,9	40,0
300	60,0	56,9	54,6	52,6	50,8	49,2	47,7	46,5	45,4	44,4	43,4
350	60,0	57,3	55,4	53,7	52,5	51,2	50,0	48,9	48,0	47,0	46,2
400	60,0	57,7	56,2	54,9	53,7	52,7	51,7	50,7	49,9	49,3	48,7
500	60,0	58,1	57,0	56,0	55,2	54,4	53,6	53,9	52,4	52,0	51,7
600	60,0	58,4	57,5	56,7	56,2	55,6	55,2	54,8	54,5	54,3	54,2
700	60,0	58,6	57,7	57,2	56,6	56,4	56,0	55,6	55,4	55,2	55,0

Digitized by Google

M. Rothen a aussi établi le tableau ci-contre qui indique la tension en kilogrammes que le fil subit (dans les circonstances précitées), quand il faut trouver la bonne suspension des fils au moyen d'un dynamomètre.

Ce tableau montre que la tension des fils à faible portée diminue très rapidement avec l'accroissement de la température, tandis que ceux de grande portée conservent à peu près leur tension primitive. Il en résulte qu'un fil de 50 mètres de portée se romprait infailliblement à — 25 °, si on lui donnait à + 25 ° une tension par exemple de 15 kilogrammes, au lieu du maximum admissible de 10, 5 kilogrammes.

87. — La tension d'un fil augmente rapidement lorsqu'il s'y dépose de la neige ou de la glace. Ces dépôts forment souvent sur un seul fil des cylindres de plusieurs centimètres de diamètre. Le poids spécifique dela neige est 0,12 et celui de la glace 0,92 ; pour un mélange des deux, nous pouvons adopter un poids spécifique de 0,3. Un dépôt de 3,58 millimètres d'épaisseur suffira donc à doubler le poids et par suite aussi la tension d'un fil d'acier de 2 millimètres dont le poids spécifique est 7,2. On a observé que des masses plus considérables de glace se déposent sur les fils de cuivre que sur les fils d'acier ; cette observation, comme on pouvait s'y attendre, s'accorde avec la différence de chaleur spécifique des deux métaux.

On détermine quelquefois la longueur de la flèche au moyen d'une règle graduée, que l'on tient verticale au milieu de la portée, avec le zéro de l'échelle au même niveau que les points d'attache. On laisse ensuite glisser le fil jusqu'à ce qu'il montre sur l'échelle graduée la flèche voulue. Souvent cependant, il est difficile de prendre les observations de lunette requises, par exemple lorsque la portée passe au-dessus d'une rivière ou d'une vallée. Dans des cas pareils, la flèche requise est mesurée verticalement de haut en bas sur les deux supports, en partant des points d'attache, et le fil est tendu jusqu'à ce que le sommet de la courbe touche la ligne visuelle joignant les deux points ainsi obtenus. La méthode de mesurer la tension au moyen du dynamomètre est cependant

Digitized by Google

sans contredit préférable aussi bien sous le rapport de la facilité que des résultats pratiques.

Le tableau suivant donne les fils généralement en usage pour la téléphonie et leurs propriétés les plus importantes.

	Diamètre en millim.	Jauge	Poids par kilom. en kilog.	Résistance électrique par kilom en ohms	Conductibilité (cuivre=100)	Résistance à la traction en kilog.
Fil de fer...........	5	6	156	6,5	14	780
	4	8	100	10	14	500
	3	11	56	18	14	300
— d'acier..........	2	14	25	54	10	440
Bronze phosphoreux.	0,8	21	4,5	108	30	38
» »	1,2	18	10,1	42	30	80
Cuivre............	2	14	28	5,6	97	150

88. — Quand un système de lignes téléphoniques devient très chargé, il est nécessaire d'avoir recours à des charpentes spéciales pour supporter les fils, parce que les poteaux ordinaires, tels qu'on peut les obtenir, ne présentent pas les qualités requises.

Un de ces bâtis spéciaux, érigé récemment par la Compagnie Unie des Téléphones, à Londres, est représenté dans le frontispice du livre ; comme la figure le montre seulement en voie de construction, on peut y voir aussi les poteaux qu'il était appelé à remplacer.

89. — Quant à la jonction de la ligne principale et des conducteurs secondaires, elle se fait de la manière suivante :

De la ligne principale la plus proche ou de celle de laquelle on peut parvenir le plus commodément au domicile de l'abonné, un embranchement, ou, si c'est une station intermédiaire qui doit être établie, une ligne en boucle, est amenée au téléphone à installer. S'il y avait des inconvénients à employer le conducteur ordinaire à jour, on enferme dans une gaine de plomb et on garantit ainsi contre tout accident le fil de jonction, qui unit la ligne au poste téléphonique. Sous l'isolateur auquel vient aboutir le fil de ligne, on pratique une ouverture dans le mur, on y introduit le conducteur secondaire, ou le câble à plomb, et on met à nu le cuivre sur

Digitized by Google

une longueur de quelques centimètres. Pour empêcher le courant, quand il fait humide, de passer de la ligne aérienne, le long du revêtement isolateur mouillé de l'âme du câble jusqu'à l'enveloppe de plomb et ainsi jusqu'à la maçonnerie humide, on place souvent un isolateur spécial (fig. 78) entre la ligne aérienne et le fil d'embranchement.

La figure suivante montre le type employé en Allemagne. Il se

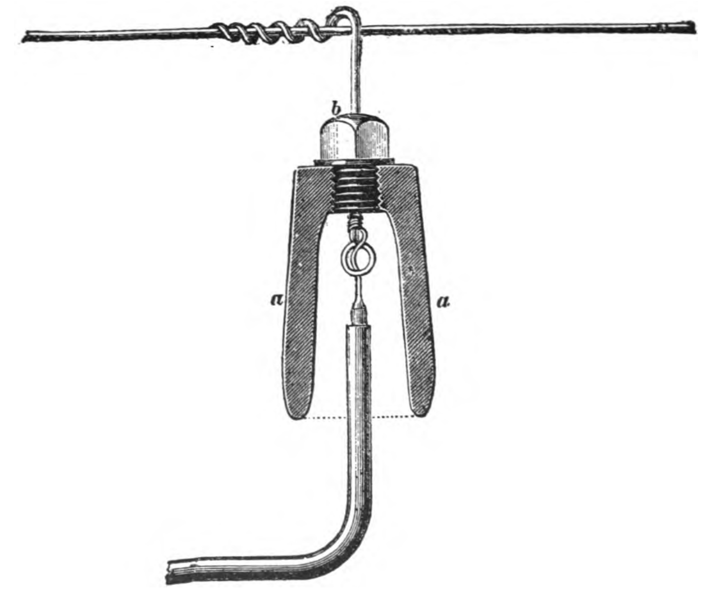


Fig. 78.

compose d'une cloche *a* en caoutchouc durci, sur laquelle se visse au sommet un couvercle *b*, de la même substance. Un fil passe à travers *b* dans *a* et s'y termine en une petite boucle. On prend soin de serrer le fil dans *b* assez étroitement pour empêcher la moindre trace d'humidité de pénétrer dans l'intérieur de *a*.

L'extrémité du fil passant au travers de *b* est enroulée plusieurs fois autour de la ligne aérienne et y est enfin attachée par soudure. Les premiers tours sont, comme on peut le voir sur la figure, plus ou moins desserrés et sans soudure, pour empêcher le fil de se briser. On dévisse alors la cloche, on y introduit l'âme du câble de plomb, l'extrémité mise à nu est passée à travers la boucle du fil, enroulée plusieurs fois autour de ce dernier et soudée : finale-

Digitized by Google

ment la cloche est vissée pour tout de bon au couvercle. On doit effectuer la jonction de manière que l'enveloppe du câble de plomb pénètre à une petite distance sous la cloche et soit suspendue verticalement au centre de l'isolateur ; on empêche ainsi la pluie de pénétrer entre l'enveloppe de plomb et le fil recouvert de caoutchouc.

La figure 79 indique la méthode en usage pour relier le fil de cuivre à l'isolateur. Deux fils sont surliés autour du fil de ligne

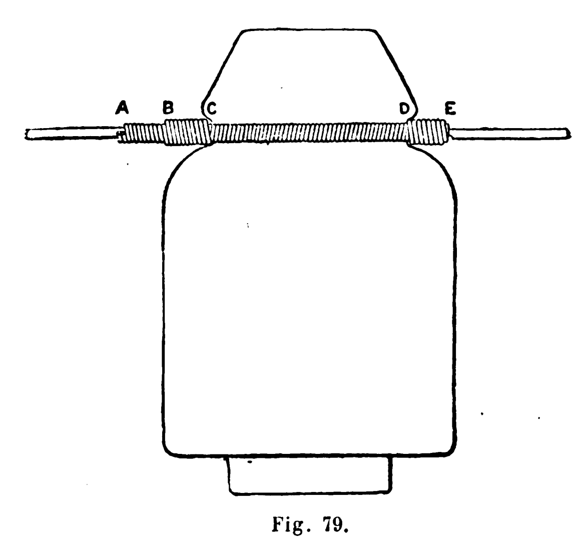


Fig. 79.

de B à E et, au-dessus de cette première couche, de retour de E en D ; on les mène ensuite du côté supérieur du fil de ligne en D, autour du col de l'isolateur, vers le côté inférieur du fil de ligne en C, puis on continue à les enrouler au-dessus de la première couche jusqu'en B et enfin en une seule couche jusqu'en A.

90. — Une bonne communication à la terre, quand on fait usage de fils simples, est un point de la plus haute importance ; elle ne contribue pas seulement à la reproduction claire de la parole, mais elle affaiblit aussi les bruits perturbateurs du téléphone ; aussi l'exécution soignée de cette partie est-elle un facteur extrêmement important dans une installation téléphonique. Une seule et même communication à la terre sert pour la pile et pour le circuit téléphonique.

Digitized by Google

Dans les villes qui ont une distribution d'eau générale, on peut se servir d'une manière très appropriée des conduites d'eau. On mène le fil de cuivre, employé pour la communication à la terre, jusqu'à la conduite d'eau la plus proche — si c'est possible, à une conduite d'eau ascendante — et on l'y soude avec soin. On obtient de cette manière une communication à la terre excellente et très efficace, le réseau entier des conduites faisant office de conducteur.

L'emploi des conduits de gaz pour la communication à la terre n'est pas à recommander, parce que les tuyaux à l'intérieur des maisons ont généralement leurs joints enduits de minium ou de céruse, de sorte qu'on introduirait dans le circuit une résistance considérable. Dans certaines circonstances, il pourrait en résulter des inconvénients sérieux ; par exemple si la communication à la terre de deux téléphones employés dans une même maison est faite au moyen de tuyaux à gaz, il peut facilement arriver que les courants employés pour le fonctionnement de l'un des téléphones, au lieu de se rendre directement à la terre, passent au second téléphone et alors les paroles prononcées dans le premier sont entendues dans le second.

Lorsque l'on n'a pas de conduites d'eau à sa disposition, on doit établir une bonne communication à la terre spéciale. S'il y a tout près une pompe en état de service, elle fournira une terre très satisfaisante, pourvu toutefois qu'on ait soin de donner au fil de jonction une bonne soudure.

Dans toutes les liaisons semblables, il faut s'assurer avec grand soin que la soudure adhère parfaitement au métal. Une autre méthode que l'on adopte souvent pour obtenir une bonne communication à la terre consiste à enfouir dans un sol toujours humide une plaque de fer galvanisé ou mieux de cuivre, d'une surface de 2 ou 3 pieds carrés.

Sur des circuits de peu de longueur, il est très important de se servir du même métal aux deux extrémités pour établir les communications à la terre ; autrement les métaux différents des plaques à la terre reliées par un conducteur réalisent les conditions nécessaires pour établir un courant électrique qui peut devenir une source de perturbations sérieuses dans le circuit.

Digitized by Google

B. — CABLES

91. — La nécessité de l'emploi de câbles pour communications téléphoniques s'est fait sentir plus rigoureusement dans les derniers temps, à cause du nombre toujours croissant de lignes aériennes dans les grandes villes. Cette nécessité existe surtout pour les lignes partant d'un Bureau central, au moins jusqu'à l'endroit où elles se bifurquent dans les différentes directions. Le nombre de conducteurs principaux devient si considérable qu'un seul poteau ne suffit plus à les porter ; on est obligé d'élever deux, trois charpentes spéciales ou même davantage, qui sont bientôt occupées tout entières elles-mêmes et ont besoin d'être complétées à leur tour par de nouvelles constructions.

Deux sortes de câbles sont employées :

1° Des câbles aériens ;

2° Des câbles souterrains.

La principale difficulté qu'on rencontre dans l'emploi des câbles est l'induction d'un toron sur l'autre, qui, comme nous l'avons déjà dit, permettrait d'entendre sur un toron la conversation transmise sur un autre.

Afin de réduire suffisamment les effets d'induction pour que le fonctionnement n'en souffre pas, il faut munir chaque ligne téléphonique d'un fil de retour séparé, et les torons respectifs formant le circuit extérieur et le circuit de retour doivent être disposés de manière qu'un plan imaginaire qui les traverse ne soit pas parallèle à un second plan passant par un autre circuit extérieur combiné avec un fil de retour ; ou bien, il faut avoir recours à des moyens spéciaux pour affaiblir l'induction.

La première méthode, qui a été employée systématiquement par le British Post Office dès le commencement, est de loin la plus efficace et elle a de plus l'avantage (déjà indiqué au § 80) d'éliminer les effets des courants terrestres.

L'emploi de deux fils pour une seule ligne de transmission augmente cependant dans une certaine mesure les frais d'installation et c'est pourquoi on a imaginé d'autres méthodes pour affai-

Digitized by Google

blir les effets d'induction sur les longues lignes[1]. Dans les premiers câbles construits en vue de ce but par le British Post Office, en 1878, chaque toron isolé était enveloppé d'une couverture de plomb ou d'une feuille d'étain, qui était pressée fortement tout autour. Ce dispositif protecteur de M. Preece n'était cependant qu'une solution partielle de la difficulté, et pour le rendre tout à fait efficace, on a trouvé qu'il était nécessaire de faire communiquer toutes les enveloppes protectrices non seulement entre elles, mais aussi avec la terre, et de leur donner un poids considérable. De très nombreuses modifications de ces câbles à enveloppes ont été introduites depuis dans différents pays.

L'efficacité de l'enveloppe de plomb ne provient pas de ce qu'elle agit comme une gaine protectrice entre deux fils voisins, mais de ce qu'elle forme un circuit de retour pour les courants qui circulent autour du fil principal. Par suite, toutes perturbations extérieures dues à l'induction affectent également les deux parties du courant, mais dans des directions opposées, et sont dépouillées ainsi de leur funeste influence.

1. — CABLES AÉRIENS

Les principales qualités requises pour un câble aérien sont :

(*a*) Le poids relatif le plus petit possible, par mètre courant;

(*b*) La résistance à la traction la plus élevée possible, qui lui permette de supporter la tension due à la pression du vent;

(*c*) La substance isolante doit pouvoir résister d'une manière permanente aux variations de température et aux influences du climat.

Les câbles aériens peuvent être composés d'un nombre quelconque de conducteurs, mais probablement la réunion de 14 ou tout au plus 27 conducteurs donne les câbles les plus pratiques : ceux qui en renferment un plus grand nombre ne possèdent plus une souplesse suffisante et deviennent beaucoup trop difficiles à manier.

[1] W.-H. Preece. *On some Physical Points connected with the Telephone*, Phil. Mag., April 1878.

Digitized by Google

L'usage plus ou moins étendu à faire de câbles aériens dépend beaucoup des conditions particulières de chaque système ; on peut les employer soit pour toutes les lignes d'un réseau téléphonique, ou bien pour certaines parties seulement.

En général cependant, il y aura avantage à remplacer par des câbles certaines sections seulement des lignes aériennes, soit pour l'ensemble, soit seulement pour une partie des fils.

Dans le premier cas, toutes les lignes aériennes, à partir du Bureau central jusqu'à un certain point ou jusqu'à certains points seront réunies pour former le nombre requis de câbles aériens, attachés à de simples supports, puis à ces différents points, les câbles se diviseront de la manière ordinaire en plusieurs lignes. Cette méthode dispense de construire des charpentes de grandes dimensions pour le support des lignes.

Dans le second cas, on établira d'abord de la manière ordinaire qnelques-unes des lignes partant du Bureau central, tandis que les autres seront réunies en câbles aériens.

Au premier point de bifurcation, où bon nombre de fils d'abonnés se détachent de la ligne principale, le premier des câbles est relié à un certain nombre de lignes aériennes se détachant de ce point ; un second câble est traité de la même manière au second point de bifurcation, et ainsi de suite, de façon que la ligne principale, sur toute sa longueur, n'est chargée que d'un nombre relativement peu considérable de fils à jour.

92. — La forme du câble aérien pour double fil, qui a été trouvée la mieux appropriée aux exigences de l'Administration des Postes Britanniques, représente assez bien le type de câble le plus utile dans les conditions que nous rencontrons en Angleterre.

(*a*). — CABLE DU BRITISH POST OFFICE

Les conducteurs sont composés de trois torons de fil de cuivre étamé pesant ensemble 2 kilogrammes par mille (1,25 kilogramme par kilomètre) et ayant une résistance électrique d'environ 45 ohms,

Digitized by Google

Chaque conducteur est couvert de deux couches de caoutchouc non vulcanisé, qui portent le diamètre à 0,325 centimètre et le poids à 24 kilogrammes par mille (15 kilogrammes par kilomètre). Les fils ainsi préparés sont alors essayés avec soin au point de vue de l'isolation et de l'électrification [1].

S'ils satisfont à cette épreuve, ils sont recouverts d'un mince ruban de coton revêtu de caoutchouc qu'on leur applique longitudinalement, puis enduits d'ozokérite. Les fils sont ensuite tordus ensemble par paires, réunis en câbles ayant le nombre requis de fils, congréés avec de la jute et entouré de gros ruban imprégné de composés bitumineux. Lorsque toute la masse a été couverte d'une couche de ce composé bitumineux, on tresse tout autour une garniture de chanvre saturée d'un composé de goudron bien bouilli ; celle-ci, à son tour, est entourée d'une couverture extérieure de gros ruban, imprégné de bitume et d'une couche d'un composé silicié. Un traitement pareil fournit un câble de la meilleure qualité, durable, compact et étanche à l'eau.

(*b*). — CABLES FELTEN ET GUILLEAUME

93. — Deux types de câbles aériens, manufacturés par MM. Felten et Guilleaume, de Cologne, méritent ici une mention spéciale. Ces fabricants emploient des fils recouverts d'une gaine de plomb. Leur méthode est de disposer et de serrer fortement entre les torons isolés un ou plusieurs fils nus de cuivre ou d'acier. Ces derniers se trouvent ainsi sur toute leur surface en communication per-

[1] L'électrification est un phénomène propre aux substances isolantes, qui se manifeste quand on leur applique un courant électrique pour déterminer leur résistance d'isolation. Il est dû au courant de déperdition ou dérivation qui polarise le diélectrique. Si on maintient le courant, l'isolation s'améliore sensiblement, d'abord avec rapidité, puis plus lentement ; le courant de dérivation diminue d'intensité ; en d'autres mots, on voit la résistance augmenter graduellement, à cause de la production d'une contre-force électromotrice dans le milieu, qui agit donc comme un électrolyte liquide. Comme cet effet varie avec le temps, on a coutume de prendre une observation d'essai pour l'isolation après une minute d'électrification. La vitesse d'affaiblissement due à l'électrification constitue un excellent moyen de connaître la qualité de l'isolant, avec laquelle elle varie beaucoup en même temps qu'avec la température, une basse température ayant pour effet de l'accentuer davantage. Une électrification instable dénote un commencement de faute dans l'isolation et une électrification lente, lorsqu'elle n'est pas due à une isolation défectueuse, est l'indice d'une matière de bonne qualité.


Digitized by Google

manente avec les enveloppes métalliques de feuille d'étain dont chaque toron est couvert et sont ensuite à chaque extrémité du câble mis à la terre : l'ensemble des couvertures métalliques de tous les torons représente donc une ligne non interrompue de bonne conductibilité qui, reliée à la terre aux deux extrémités, affaiblit les effets d'induction d'un toron sur l'autre.

Une forme de câble, dont la Compagnie des Téléphones d'Amsterdam fait un usage étendu est connue sous le nom de

(*c*). — TYPE DE LA COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES D'AMSTERDAM

Le câble comprend 18 conducteurs, isolés avec du caoutchouc, et entourés d'une mince couverture de feuille de plomb ; chaque conducteur est formé de trois fils de cuivre de 0,5 millimètre de diamètre. Les 18 conducteurs disposés de cette manière sont enroulés autour d'un noyau de 7 fils d'acier galvanisés de 1,4 millimètre de diamètre, qui sert de circuit de terre.

Le poids du câble est de 1.600 kilogrammes par kilomètre.

(*d*). — TYPE CRAWFORD

94. — Ce câble consiste de 27 conducteurs de fil de cuivre de 0,7 millimètre de diamètre, chacun desquels est isolé avec du fil imprégné d'un composé bitumineux et protégé par une feuille d'étain. Un fil de cuivre de 1,2 millimètre de diamètre forme un noyau pour les trois torons du centre et sert aussi de fil de terre. Les torons individuels ainsi préparés sont réunis par torsion, enveloppés d'une couverture d'étoffe de coton saturée et entourés de plomb, que l'on serre fortement tout autour ; finalement, le tout est enveloppé d'une garniture préservatrice, préparée à l'oxyde de zinc.

Le poids du câble est de 750 kilogrammes par kilomètre.

Ces câbles sont généralement construits en tronçons de 500 à 1.000 mètres.


Digitized by Google

95. — La jonction des câbles entre eux et avec les fils à jour ordinaires est un point qui demande la plus grande attention ; les instructions suivantes, quoiqu'elles se rapportent spécialement aux câbles Felten et Guilleaume, peuvent être regardées comme applicables et utiles à d'autres formes de câbles également, au moins quant aux principes généraux.

(*a*). *Jonction de deux tronçons de câble téléphonique à* 27 *conducteurs et à gaine de plomb.* — Les extrémités des câbles à réunir sont débarrassées de leur couverture extérieure, que l'on coupe sur l'un des câbles, sur une longueur de 560 millimètres, et sur l'autre de 260 millimètres.

La gaine de plomb ainsi mise à nu, on la nettoie parfaitement puis

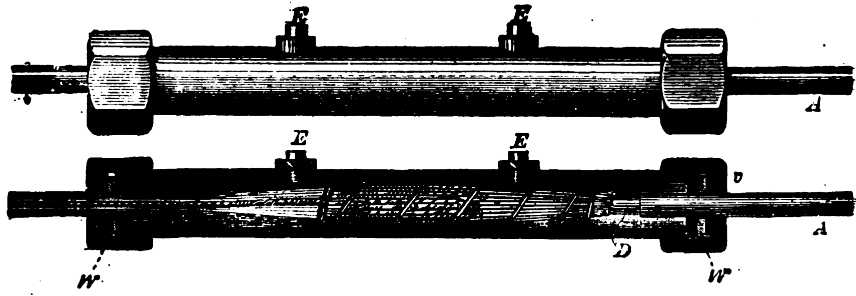


Fig. 80.

on glisse à chaque bout sur le câble un écrou (fig. 80) destiné à fixer le manchon de jonction EE, muni de disques et de rondelles.

La couverture de plomb est alors soigneusement découpée et enlevée jusqu'à une distance de 160 millimètres du bout ; de même l'enveloppe isolante est mise à nu jusqu'à 145 millimètres environ. La couverture de feuille d'étain est ensuite enlevée des torons simples jusqu'à 60 millimètres environ, et l'enveloppe isolante jusqu'à 50 millimètres environ, ce que l'on fait en grattant les torons avec une lame émoussée.

Toutes ces opérations doivent être exécutées avec les plus grandes précautions ; on doit surtout avoir soin de faire disparaître l'arête aiguë de la gaine de plomb découpée.

On nettoie les fils de cuivre ainsi dénudés et on les réunit entre eux en les tordant ensemble (4 torsions à chaque bout), enfin on les soude de façon que les bouts entrelacés aient une longueur

Digitized by Google

de 10 millimètres. Les fils de terre des câbles sont également réunis entre eux par torsion et par soudure, mais toujours un peu en avant ou en arrière du joint des fils de ligne afin que la jonction ne devienne pas trop épaisse.

Dans un câble à 27 torons, il faut commencer par joindre les trois fils du centre, puis les trois fils de terre, après cela les neuf conducteurs de la couche du milieu et enfin les 15 conducteurs extérieurs. La distance totale DD entre les extrémités des gaines de plomb est d'environ 250 millimètres.

Les ligatures particulières formées par l'enlacement des différents torons sont entourées de rubans isolants, jusqu'à ce qu'elles aient atteint le diamètre de la couverture isolante de chacun de ces torons et le tout est attaché au moyen d'une corde.

Les douze torons intérieurs, après ce traitement, sont de nouveau entourés d'un ruban qui les tienne séparés des 15 torons extérieurs. Après que les douze conducteurs intérieurs et les trois conducteurs de terre ont été enveloppés ensemble, les 15 torons extérieurs sont à leur tour réunis par enlacement et liés ensemble au moyen d'un ruban que l'on enroule tout autour en spirale. Puis toute la longueur du joint est surliée légèrement au moyen d'un cordon ou d'un ruban et on y verse une substance isolante chauffée, jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus de bulles d'air. On pousse ensuite le manchon au-dessus du joint de manière que la gaine de plomb à chaque bout pénètre à l'intérieur sur une distance de 25 millimètres environ. Les écrous de fermeture sont alors fortement serrés à la main, de manière que la rondelle de caoutchouc qui se trouve à l'intérieur de l'écrou de fermeture enveloppe la gaine de plomb et la rende étanche à l'eau. Sur la figure, la rondelle se voit en W W ; la figure de droite est une section longitudinale du câble à l'intérieur du manchon de jonction tandis que celle de gauche montre le manchon en élévation.

Après avoir enlevé les deux vis des ouvertures E, on chauffe le manchon au chalumeau et on le remplit d'une matière isolante que l'on a préalablement rendue liquide par l'application de la chaleur. Lorsque le niveau du liquide dans le manchon est monté dans les deux ouvertures jusqu'à une certaine hauteur, on remet de nouveau les vis en place.

Digitized by Google

Dans tout le cours de ces opérations, il est tout à fait essentiel d'exclure toute trace d'humidité et surtout d'assurer au câble une jonction absolument étanche à l'eau, parce que le tissu imprégné absorbe facilement l'humidité et nuit ainsi gravement à l'isolation.

96 (*b*). — *Jonction des câbles et des fils ordinaires.* Dans ce cas, on emploie un manchon terminal qui ne diffère du manchon de jonction que par deux pattes ou rebords additionnels en fonte,

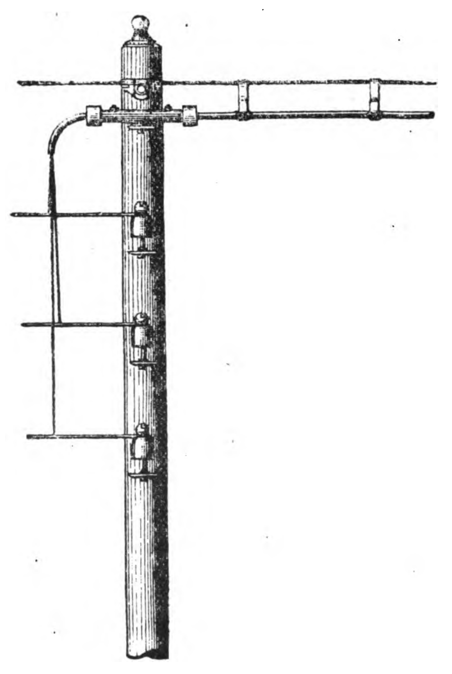


Fig. 81.

qui servent à le fixer au point d'attache sur le poteau ; une autre différence est que l'une des deux extrémités a une ouverture un peu plus grande pour recevoir un câble à gaine de plomb avec des torons couverts de caoutchouc.

En examinant la figure 81, on comprendra facilement la construction du manchon terminal, ainsi que la manière d'effectuer la jonction du câble à gaine de plomb avec un câble revêtu de caoutchouc.

La jonction des torons couverts de caoutchouc avec l'âme du

Digitized by Google

câble à gaine de plomb est effectuée de la manière décrite plus haut, mais la présence du caoutchouc exige que ni le manchon ni la matière isolante ne soient chauffés au delà de 180° C. On laisse le câble à caoutchouc s'avancer sur une longueur considérable hors du manchon terminal et on le recourbe vers le sol, puis les différents torons sont reliés aux lignes aériennes sans être soumis à aucune tension et chaque joint reçoit une bonne soudure. La figure 81 représente une corde de fer ou d'acier supportant un câble relié à des lignes à jour.

97. — Quant à la pose des câbles, la méthode généralement adoptée en Angleterre est de suspendre côte à côte deux fils d'acier

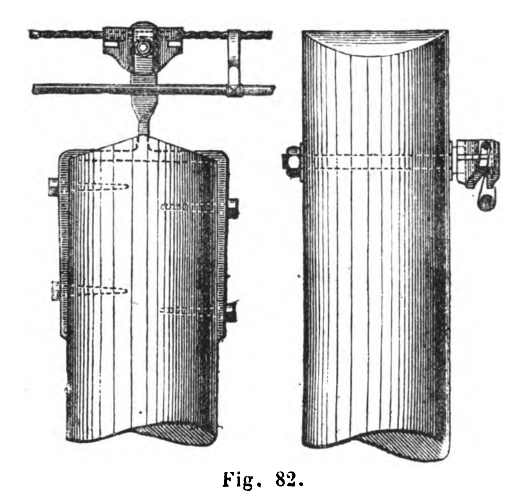


Fig. 82.

en torons et de les relier par intervalles au moyen de boucles du même fil simplement suspendues d'un fil à l'autre. Ces boucles forment pour ainsi dire un conduit continu, dans lequel le câble est couché.

Dans la méthode employée sur le continent, les câbles sont suspendus par des torons suspenseurs en acier galvanisé. Ils sont représentés figure 81 et la figure 82 représente d'autres systèmes en usage.

Les torons suspenseurs sont tendus avec une flèche de 2 p. 100 environ.

Soit g le poids en grammes par mètre courant du câble à sus-

Digitized by Google

pendre, s la portée en mètres, p la flèche (en p. 100 de s), x la section transversale du toron suspenseur ; alors si la charge de rupture des torons suspenseurs est d'environ 44 kilogrammes par millimètre carré et 4 le facteur de sûret4, on aura :

$$x = \frac{sq}{882,52\ p - 7,86\ s}$$

En supposant que l'on ait trouvé avantageux de construire les

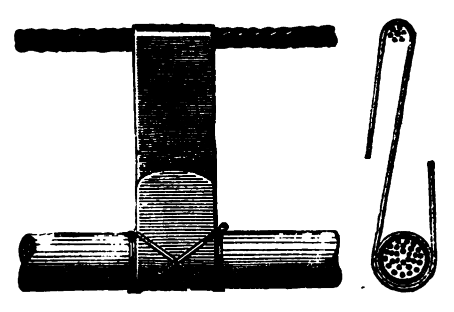


Fig. 83.

torons suspenseurs de 7 fils d'acier, la section transversale de chaque fil sera $\frac{x}{7}$.

Les crochets en tôle galvanisée (fig. 83) sont attachés au câble

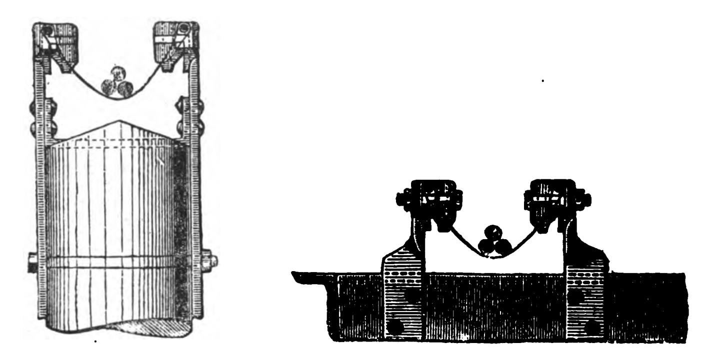


Fig. 84.

à des intervalles d'un mètre au moyen de fil d'archal galvanisé. Pour hisser les câbles sur les toits, on doit procéder avec le plus grand soin, de manière à éviter tout dégât aux câbles ou aux toits. Au fur et à mesure que le câble est tiré en avant, d'un support

Digitized by Google

à un autre, on y attache successivement tous les crochets. Lorsqu'un crochet, glissant sur les torons suspenseurs, arrive à un point d'attache, un ouvrier qui se trouve là détache le crochet et le suspend de nouveau immédiatement au delà du point d'attache; le câble, pendant sa marche en avant, est donc toujours porté par les crochets.

Si plusieurs câbles doivent être employés simultanément sur la même section d'une ligne, on adopte parfois la construction représentée sur la gauche de la figure 84, pour des supports de bois, et la disposition représentée sur la droite pour des supports de fer, chaque câble ayant son toron suspenseur spécial.

2. — CABLES SOUTERRAINS

98. — En Angleterre, les Compagnies des Téléphones n'ont pas encore adopté jusqu'à présent l'usage des fils souterrains; cependant l'Administration des Postes et Télégraphes adopte cette méthode partout où elle peut, aussi bien par raison d'économie que d'efficacité.

(*a*). — CABLES SOUTERRAINS DU POST-OFFICE

Pour des raisons que nous avons déjà exposées, chaque circuit dans ce câble est formé de deux fils et le câble ne contient jamais plus de 4 fils. Le fil de cuivre employé pèse 18 kilogrammes par mille, 11,2 kilogrammes par kilomètre (1,2 millimètre de diamètre), et est couvert de la meilleure qualité de gutta-percha, de manière à atteindre un diamètre de 4,4 millimètres environ. On réunit 4 de ces fils en leur donnant un noyau central et un congréage de jute saturé de tannin qui sert à donner au câble une forme cylindrique. On garnit ensuite le câble d'une seule enveloppe de ruban de toile grise spécialement préparée pour cet usage.

99. — Peut-être le type le mieux connu du câble souterrain


Digitized by Google

employé en Amérique est celui de la Western Electric Company et connu sous le nom de :

(b). — CABLE PATTERSON

Il est composé d'un groupe de conducteurs de cuivre couverts chacun d'une ou de plusieurs couvertures de coton et est enveloppé d'un tuyau de plomb. Le coton est saturé de paraffine.

L'enveloppe extérieure, qui est de plomb raffermi par une petite

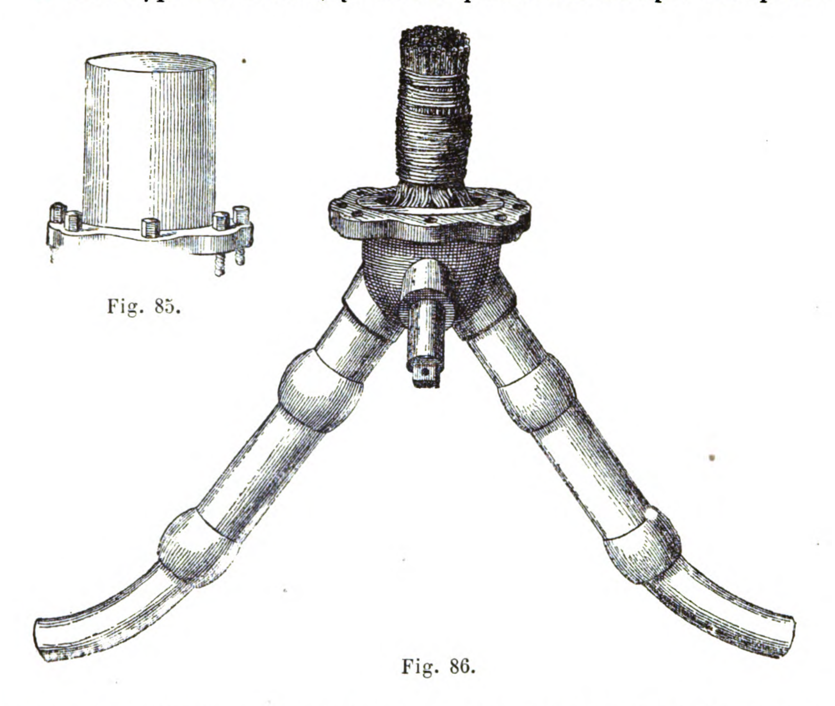


Fig. 85.

Fig. 86.

proportion d'étain, est un tube séparé d'avec l'âme du câble et celle-ci y est introduite par traction. La dimension du tube n'est pas limitée par celle du noyau : on fait le tube plus grand, quelquefois de $\frac{1}{4}$ de pouce et l'espace vide est ensuite rempli de paraffine fondue, sous une pression considérable.

De cette manière on obtient une isolation très parfaite et qui ne variera pas tant que la couverture de plomb reste intacte.

La capacité inductive de la paraffine est, comme on sait, très

Digitized by Google

peu élevée et on dit qu'on l'abaisse encore d'au moins 15 p. 100, grâce au procédé de fabrication. En juxtaposant les fils sans les serrer, et en introduisant dans les intervalles sous pression de la paraffine préparée, le diélectrique obtenu a une capacité inductive

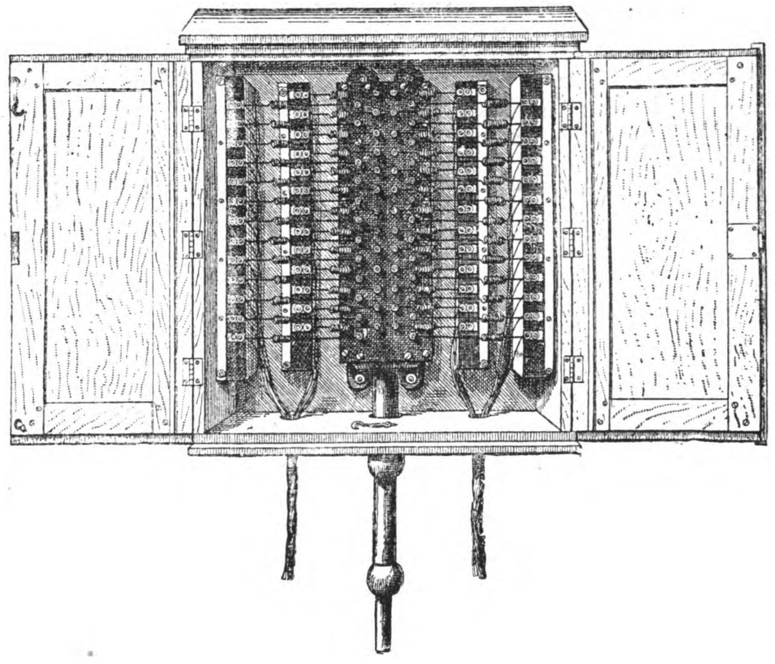


Fig. 87.

moins élevée que si tout l'espace était rempli de coton, de gutta-percha ou de tout autre isolant semblable.

La protection de l'épissure qu'on emploie sur les câbles aériens ou submergés et aussi sur les câbles souterrains lorsque la disposition des chambres d'accès le permet est semblable à celle employée pour le câble Felten et Guilleaume, § 95. Le tuyau de plomb, qui doit couvrir l'épissure en guise de manchon, est poussé au delà de l'extrémité de l'une des deux sections ; une fois que l'épissure des fils a été effectuée, on ramène le manchon au-dessus d'elle ou on l'attache à chaque extrémité de la gaine du câble au moyen d'un joint soudé de plombier. Quand le joint est achevé, on chauffe le câble de chaque côté de l'épissure pour faire fondre la paraffine ; celle-ci, se dilatant en fondant, pénètre dans

Digitized by Google

l'épissure et offre ainsi une garantie de plus contre tout défaut dans les tuyaux et les joints.

La figure 85 représente une autre forme d'épissure en usage pour les câbles souterrains, lorsque la première ne peut pas être employée ou lorsque quelques fils seulement doivent être détachés du câble à différents points de la route. Dans les câbles très

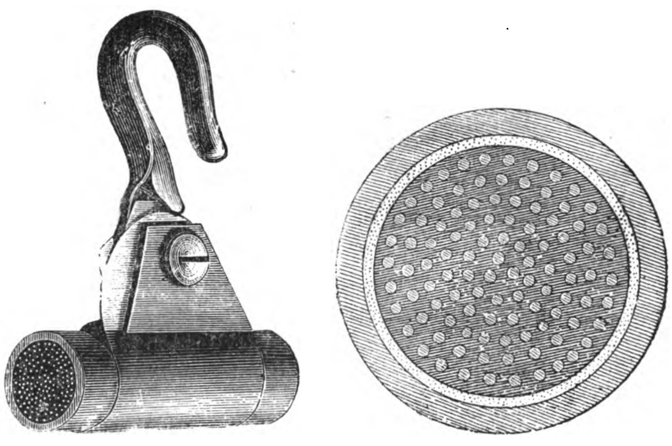


Fig. 88. Fig. 89.

longs, elle a l'avantage de pouvoir être ouverte en tous temps pour la recherche des fautes.

La figure 87 montre une boîte d'essai, qui est d'un usage très général dans les bureaux pour relier un câble aux fils conduisant à l'appareil. Les bornes d'attache sont fixées sur des bases d'ébonite, ce qui assure une bonne isolation, et la boîte est tout à fait étanche à l'air; on la remplit quelquefois de paraffine pour s'assurer contre tout défaut qui pourrait se produire dans le revêtement de caoutchouc sous la plaque en tôle de devant.

La figure 88 représente un crochet pour des câbles aériens.

La figure 89 donne la section transversale d'un câble souterrain à 100 conducteurs.

La partie blanche autour de l'âme figure le remplissage de paraffine et l'anneau extérieur le tuyau de protection.

100. — Une autre forme de câble qui a été récemment introduite dans l'usage aux Etats-Unis est

Digitized by Google

(c). — LE CABLE WARING

Les conducteurs sont de cuivre, couverts de coton et isolés avec un produit lourd de la distillation du pétrole et enveloppés d'une gaine de plomb sous forte pression. Les avantages revendiqués pour cette matière isolante, sont qu'elle n'est pas sujette à la désagrégation ou à la détérioration ; c'est une substance excessivement réfractaire et la température environnante ou intérieure peut être

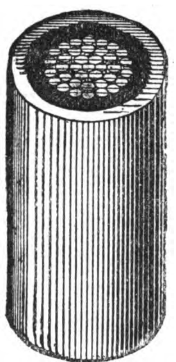


Fig. 90.

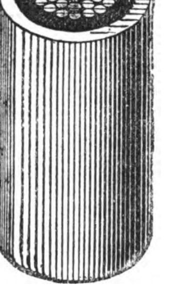


Fig. 91.

élevée suffisamment pour que la gaine de plomb du câble soit amenée à l'état de fusion, ou que le conducteur soit chauffé à la chaleur blanche, sans que la résistance de l'isolation en soit affectée : non seulement elle n'en est pas détruite, mais elle n'en souffre pas le moins du monde.

Quand on a besoin de concentrer un grand nombre de conducteurs dans un minimum d'espace, on emploie les câbles appelés « câbles en botte » (bunched cables), de la forme représentée par la figure 90 et 91.

Le câble anti-inducteur, construit d'après les principes formulés au § 91, a la forme représentée dans les figures 92 et et 93.

Les différents tronçons de câble sont réunis par un simple joint de la manière suivante : — Les extrémités des câbles sont d'abord dépouillées du plomb, l'isolant est enlevé et les fils réunis solidement et soudés. Chaque ligature de fil est alors entouré de ruban

Digitized by Google

isolé et le tout est enveloppé de bandelettes de plomb pour préserver la continuité métallique de la gaine. Un manchon, constitué par un bout de tuyau de plomb, préalablement passé autour

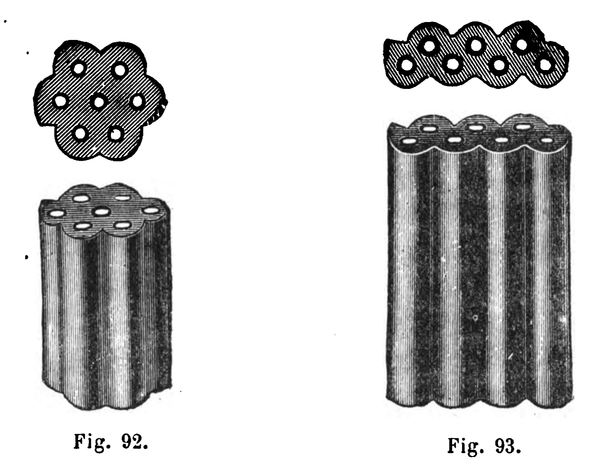


Fig. 92. Fig. 93.

d'une des extrémités, est ensuite ramené au-dessus du joint, les deux extrémités sont dressées de manière à s'adapter au câble,

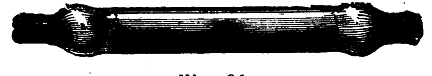


Fig. 94.

et des joints soudés de plombier faits de la manière indiquée par la figure 94.

Le manchon qui porte une ouverture près du centre est ensuite



Fig. 95.

rempli d'une matière isolante et fermé. Si on prévoit la probabilité d'une tension élevée dans la pose du câble (par exemple, en eau profonde), on remplace le manchon, dans les opérations décrites plus haut, par un simple joint de plombier, comme l'indique la figure 95.

La pose du câble se fait sans difficulté : on ouvre une tranchée de deux pieds environ de profondeur, on place au fond, sous forme

Digitized by Google

de caniveau, un conduit ouvert; le tambour sur lequel le câble est enroulé, est monté sur des roues et peut tourner autour d'un axe central; on n'a donc qu'à le traîner sur le parcours que doit suivre la ligne, et le câble, en se déroulant, vient reposer au fond de la tranchée (fig. 96).

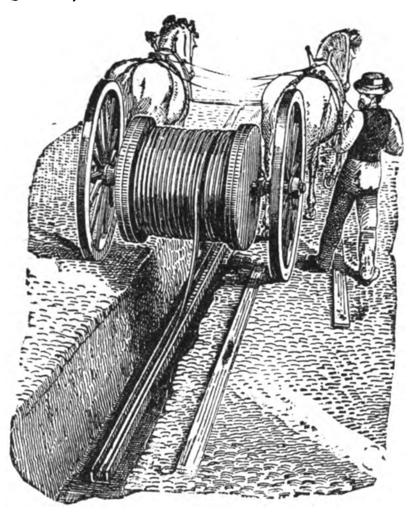


Fig. 96.

Les méthodes d'établir les lignes en lacet, les branchements et les bifurcations sont représentées respectivement par les figures 97,

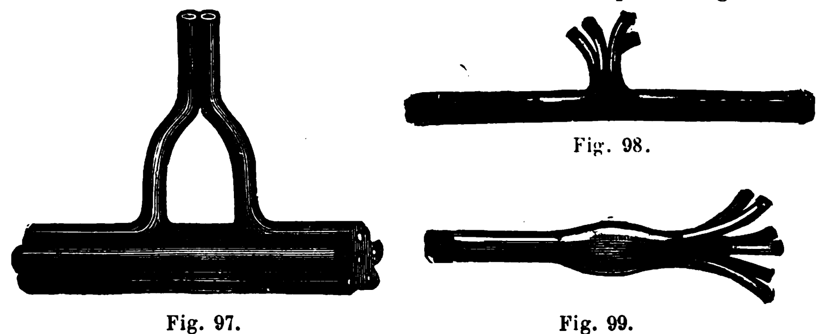


Fig. 98.

Fig. 97. Fig. 99.

98 et 99. On voit que ces câbles présentent de grandes facilités aux ouvriers pour atteindre un conducteur particulier ou pour le conduire dans des directions différentes de celle du câble principal, sans couper ce dernier ni déranger les autres conducteurs. L'arête aiguë ou rainure longitudinale sur l'une des cordelettes, comme le représente les figures 92 et 93, permet de trouver un conducteur

Digitized by Google

quelconque ; en comptant à droite ou à gauche, puisque chaque fil est numéroté à partir de cette rainure, on peut choisir le conducteur cherché sans déranger les autres.

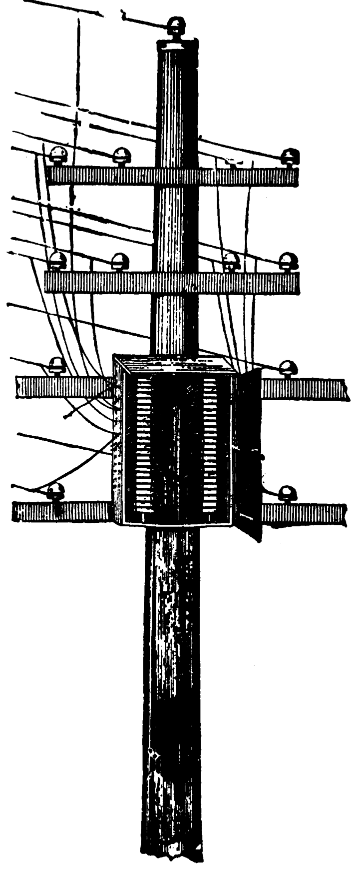


Fig. 100.

La figure 100 représente une boîte de câble sur un poteau de bifurcation et montre la jonction d'un câble souterrain avec des lignes aériennes, telle qu'elle a été adoptée par le Fire Department de New-York.

(*d*). — SYSTÈME BROOKS

101. — M. David Brooks, de Philadelphie, l'un des vétérans de la télégraphie en Amérique, proposa en 1881 de placer un câble de

Digitized by Google

conducteurs à couverture de coton dans un tuyau de fer ou de plomb qui serait constamment maintenu rempli d'huile liquide : celle-ci aurait un écoulement continuel, mais lent, et préviendrait ou boucherait toute faute qui pût se produire dans l'isolation. Cette méthode fut essayée et est encore en usage à Londres, ainsi qu'à Philadelphie, Chicago et New-York. Le but de l'inventeur était de condenser le plus grand nombre de fils dans l'espace le plus petit possible. Il obtenait une isolation très élevée (à peu près 20.000 megohms par mille), avec une faible capacité (environ 0,2 microfarads par mille). D'abord il se servit d'huile de paraffine légère, mais récemment il s'est servi d'huile lourde de résine et d'un mélange de résine et d'huile de résine ; ce dernier, d'un poids spécifique plus élevé que l'eau, chasse du tuyau toute eau qui pourrait y avoir été introduite soit par accident, soit à dessein.

(e). — CABLE BERTHOUD-BOREL

102. — La substance isolante est du fil de coton enduit d'un mélange de résine et d'huile de lin oxydé. Du coton, saturé du même isolant, entoure les conducteurs formant le câble, et finalement on serre autour de l'ensemble une couverture de plomb formée de deux couches.

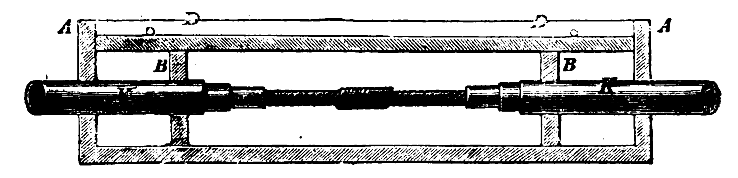


Fig. 101.

La résistance de chacun des conducteurs d'un câble comprenant 27 conducteurs de fil de cuivre en torons (trois fils de 0,5 millimètre par toron) est de 30 ohms par kilomètre ; la capacité est de 0,15 microfarad. 1 kilomètre de fil pèse 1.725 kilogrammes et coûte 3.000 marks.

Voici la méthode que l'on a adoptée pour faire la jonction de deux tronçons de câble à un seul noyau : Les câbles KK, après avoir été débarrassés des différentes enveloppes de plomb et de

Digitized by Google

matière isolante, en gradation convenable, comme le montre la figure 101, sont introduits à travers des ouvertures latérales dans une boîte en fer et les deux extrémités sont amenées en contact au milieu de la boîte. On coupe alors les extrémités en biseau, comme on a coutume de le faire pour souder des câbles ordinaires, on les entoure de fil fin de cuivre et enfin on les soude rapidement de la manière ordinaire. Les pièces BB servent à supporter les

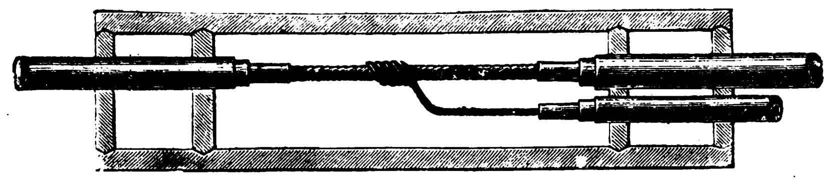


Fig. 102.

câbles. On remplit ensuite tout l'intérieur de la boîte en y versan une substance isolante bien chauffée (de la résine et de l'huile de lin). Les deux petites chambres sur la droite et sur la gauche de la boîte sont remplies de goudron fondu épais. Enfin le couvercle D est placé et fortement serré sur la boîte au moyen de deux chevilles disposées sur le côté. On doit suffisamment remplir la boîte pour que le couvercle lorsqu'il est fixé étroitement, comprime la masse isolante qu'on a introduite en excès. Après que le couvercle a été placé de la manière décrite plus haut, l'espace libre formé par la dépression du couvercle est rempli de goudron épais.

Dans le cas où il faut faire la jonction de câbles à plusieurs noyaux, on emploie une boîte de plus grandes dimensions et à l'intérieur, afin de les tenir séparés entre eux, on fait passer les noyaux individuels par des trous pratiqués dans des disques d'ébonite qui sont disposés dans la boîte.

Pour les câbles à un seul noyau, on effectue les branchements dans la boîte de jonction de la manière représentée dans la figure 102.

103. — On voit que les méthodes habituelles de construire et de poser les câbles souterrains adoptées dans divers pays sont très semblables.

En Angleterre, où des réseaux souterrains ont existé dès le

Digitized by Google

commencement de l'introduction de la télégraphie en 1837, la gutta-percha reste toujours au premier rang comme un milieu isolant pour des câbles souterrains et sous-marins, mais elle se détériore rapidement lorsqu'elle est exposée aux variations de la température et de l'état hygrométrique de l'atmosphère. C'est pourquoi pour les lignes aériennes on emploie plus généralement ici le caoutchouc, qui est très durable. En Amérique, où les lignes souterraines ont été jusqu'ici écartées systématiquement, on s'occupe de faire des expériences avec d'autres matières et plus spécialement avec les produits de cette huile riche et abondante — le pétrole — qui a donné naissance à une industrie si étendue. Ailleurs, on fait usage de paraffine, mais la matière qui promet le plus est ce produit lourd de la distillation du pétrole que l'on emploie pour le câble Waring (§ 100). D'autres font usage d'huiles diverses, qui, mêlées à de la résine, acquièrent un pouvoir isolant très élevé. On introduit de nouveau partout les câbles à gaine de plomb. Il est intéressant de noter que les câbles de cette espèce, enfouis sous les rues de Londres en 1844, sont identiques en apparence et en construction avec ceux qui sont en usage maintenant. Le plomb est néanmoins très sujet à être détérioré, quand il est enfoui dans le sol sans protection. Certaines terres ont une action chimique sur ce métal et le détruisent. On devrait donc toujours avoir soin de le protéger. Le mieux, c'est de placer le câble dans un conduit ouvert et de remplir celui-ci d'asphalte ou de bitume. Ce procédé est coûteux, mais il présente beaucoup de garanties.

La seule manière réellement effective de surmonter les perturbations dues à l'induction des fils entre eux est le système du circuit métallique complet. Le British Post Office et la Compagnie des Téléphones en France sont les seules administrations qui aient adopté ce système d'une manière décidée. La principale objection que l'on soulève est celle des dépenses, mais elle n'est pas soutenable quand on y regarde de plus près : si les frais de première installation sont plus élevés, d'un autre côté les meilleures conditions dans lesquelles s'effectue le service conduisent à un revenu grandement augmenté. Une fois qu'on a connu par expérience la perfection absolue avec laquelle fonctionne un circuit métal-

Digitized by Google

lique, il serait bien extraordinaire que l'on songeât jamais à adopter un autre système.

La nature humaine répugne à reconnaître qu'elle a tort. Ceux qui ont contribué au développement du système à fil unique n'aiment pas à renoncer à leurs plus chères espérances; mais, à mesure que leurs réseaux se développent, il semble impossible de concevoir qu'ils puissent continuer à faire fonctionner efficacement un système aussi imparfait. L'emploi de la terre est essentiellement défectueux et est la cause d'un nombre infini des difficultés. Le système du double fil doit survivre infailliblement.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

APPAREILS AUXILIAIRES EMPLOYÉS DANS LES INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES

104. — Outre les téléphones eux-mêmes dont le principe a été exposé dans les chapitres précédents et dont la disposition générale sera décrite au chapitre XII, il y a plusieurs détails accessoires qui sont essentiels au fonctionnement d'un système de téléphones.

(*a*). — SONNERIES D'APPEL AVEC INTERRUPTEUR DE COURANT, APPELÉES SONNERIES TREMBLEUSES

Sur une planche de bois P (fig. 103), fixée à la partie supérieure ou inférieure de la boîte du téléphone, repose une pièce de fer en équerre *r* qui porte le timbre G et le système électromagnétique *e*.

Une plaque de laiton *t*, isolée de la pièce *r* au moyen d'ébonite, est fixée à son bras le plus court, et une pièce placée en saillie sur *t* porte un ressort *f*, muni d'un contact de platine *c*, et réglé par la vis de réglage *s*. Cette dernière est maintenue en place par l'écrou de fermeture *m*. Le ressort *f* appuie par son contact *c* sur un contact porté par le levier *k*; celui-ci est fixé au moyen d'une lame de ressort *b* à l'un des bras de la pièce en équerre et porte l'armature et le marteau. L'objet du ressort *b* est de donner un mouvement de vibration rapide au marteau *k* ; sa position peut être légèrement modifiée au moyen d'une petite vis *d*, et le mar-

Digitized by Google

teau peut ainsi être pressé plus ou moins énergiquement contre le ressort *f*.

Le fil de ligne est relié à la plaque isolée *t*, tandis que la pièce en équerre et par suite le marteau qui y est attaché au moyen du

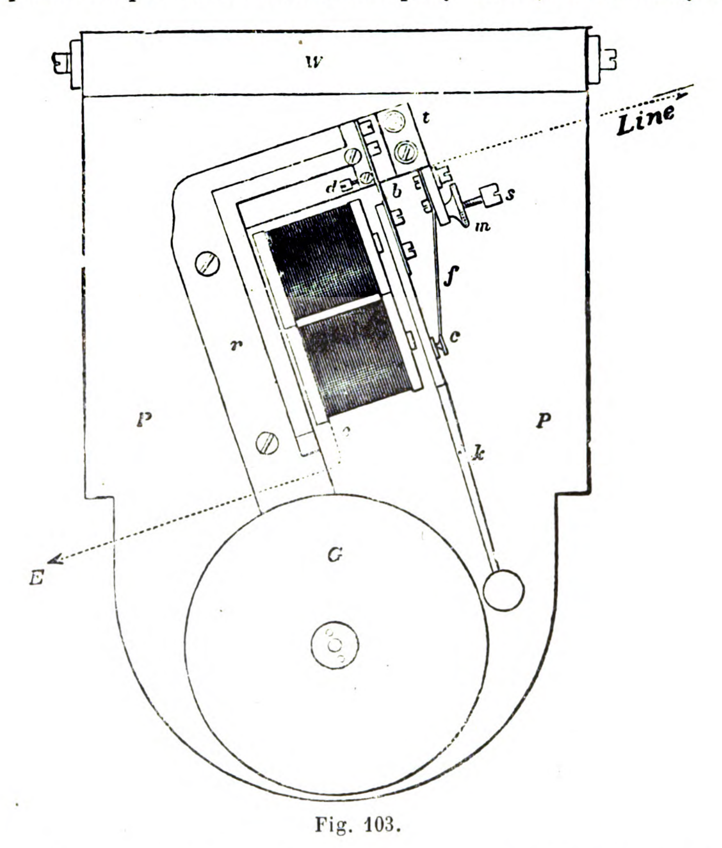


Fig. 103.

ressort *b* est en communication avec une extrémité du fil des bobines de l'électro-aimant, l'autre extrémité étant en communication avec la terre.

Le courant d'appel qui arrive par le fil de ligne passe par la pièce isolée *t*, le ressort *f*, le contact *c*, l'armature *k*, la lame de de ressort *b*, la pièce en équerre *r* jusqu'à l'électro-aimant et se rend à la terre par les bobines. Dès que l'électro-aimant est excité, il attire l'armature *k* et coupe ainsi le contact en *c* : le courant est donc interrompu ; l'armature alors est ramenée en arrière par l'action du ressort *b*, et en pressant de nouveau contre le contact *c*,

Digitized by Google

ferme de nouveau le circuit : le même jeu peut donc recommencer.

Le marteau subit ainsi des vibrations rapides pendant tout le temps qu'un courant est envoyé sur la ligne et en frappant le timbre, il produit des sons vivement répétés, ce qui a fait donner à cette sonnerie le nom de trembleuse.

Pour obtenir un appel efficace, le poste qui transmet doit tenir le bouton d'appel pressé pendant quelques secondes.

(*b*). — SONNERIE D'APPEL AVEC INDICATEUR MOBILE

105. — Il est souvent à désirer que l'appel d'une station éloignée actionne non seulement la sonnette fixée sur la boîte téléphonique, mais encore une seconde sonnette placée dans un autre appartement de la maison et qu'il fasse marcher cette seconde sonnerie jusqu'à ce que quelqu'un arrive au téléphone et mette fin à son action.

Dans ce but, on emploie souvent la sonnerie d'appel représentée figure 104, qui est semblable à l'instrument précédent, mais est munie en outre d'un indicateur ou annonciateur à plaque mobile. A l'armature de l'électro-aimant est fixé un butoir isolé *l*, contre lequel vient s'appuyer un des bras du levier, articulé au point *m* autour duquel il tourne comme sur un pivot ; l'autre extrémité du levier porte la plaque mobile *o* de l'annonciateur. Lorsque l'armature est attirée par les noyaux de l'électro-aimant, le taquet déclanche le bras du levier et ce dernier prend la position indiquée en pointillé : le disque de l'indicateur fait alors saillie à travers une fenêtre pratiquée sur le côté de la boîte de la sonnerie. Lorsque le levier articulé descend, son bras supérieur tombe sur le contact isolé *n*, qui est en relation avec la borne *p* à l'extérieur de la boîte, tandis que la pièce métallique à laquelle le levier est attaché est en communication avec la borne *q*. Entre *p q* est pla-

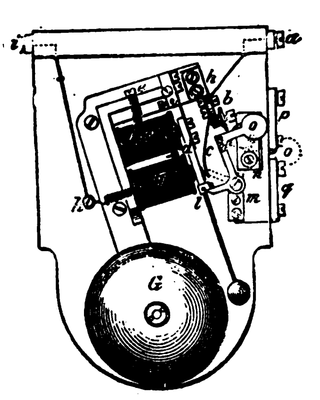


Fig. 104.

Digitized by Google

cée la seconde sonnerie d'appel avec sa pile, de manière que son circuit est fermé dès que le levier touche *n*. La seconde sonnerie est donc en branle aussi longtemps que le levier occupe la position indiquée en pointillé, tandis que la première sonnerie se fait seulement entendre lorsqu'un courant traverse la ligne.

En appuyant sur un bouton, attaché à la boîte, mais qu'on ne voit pas sur la figure, on remet le levier dans sa position primitive et on ouvre le circuit de la seconde sonnerie.

Un interrupteur spécial est généralement intercalé dans le circuit de la seconde sonnerie, de manière à empêcher celle-ci de résonner, si un appel était donné en dehors de certaines heures.

(*c*). — SONNERIE D'APPEL SANS INTERRUPTION DE COURANT (AVEC COUPE-CIRCUIT AUTOMATIQUE)

106. — Des sonneries d'appel avec interruption de courant sont souvent sujettes à l'inconvénient que le contact entre le ressort et l'armature devient défectueux et que le circuit est ainsi coupé : un autre désavantage est que les deux sonneries d'appel ne peuvent pas être placées en tension sur le même circuit.

C'est pourquoi on emploie maintenant souvent des sonneries d'appel avec coupe-circuit automatique ; un appareil de ce genre est représenté figure 105. A l'extrémité inférieure de l'armature *d* est attaché un ressort *l*, à une petite distance et un peu sur le côté de la tige qui porte la boule faisant office de marteau. Dès que l'armature est attirée par l'électro-aimant, le ressort *l* presse contre la vis de contact *m* fixée à la pièce métallique *h*.

La borne *a* du fil de ligne est reliée à la masse de la sonnerie d'appel, à laquelle aboutit également une extrémité du fil des bobines de l'électro-aimant, tandis que l'autre extrémité est reliée à la pièce métallique *h*, directement en communication avec l'autre borne *i*. Le courant se rend de *a* en *c* puis à travers les bobines de l'électro-aimant en *h* et de là à *i* et à la terre ou au fil de retour. Lorsque l'armature *d* est attirée par les noyaux aimantés, le contact s'établit entre *l* et *m*. Les bobines sont ainsi mises en court-circuit puisque le courant passe de *a* à travers l'armature

Digitized by Google

au ressort *l*, au contact *m* et de là directement à la borne *i*. L'électro-aimant est ainsi réduit à l'inaction et l'armature ramenée par son ressort à sa position première; une fois que le contact entre *l* et *m* est de nouveau rompu, le courant doit suivre de nouveau son premier chemin à travers les bobines et attirer l'armature. De cette manière, il se produit un mouvement rapide de l'armature et par suite une oscillation du marteau. Le ressort *c* qui presse sur la face supérieure de l'armature et dont on peut modifier la tension au moyen de la vis *b* sert au réglage de l'armature. Le contact du ressort du coupe-circuit peut être réglé au moyen de la vis *m*.

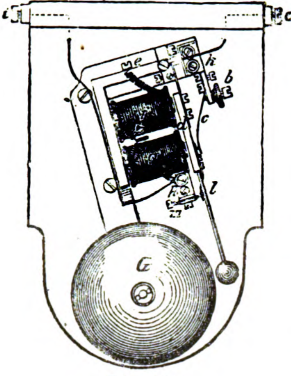


Fig. 105.

Les sonneries d'appel employées en téléphonie ont généralement une résistance de 100-150 ohms et demandent un courant d'au moins 5 milliampères.

(*d*). — SONNERIES D'APPEL MAGNÉTIQUES A COURANTS ALTERNATIFS

107. — Si l'appel est effectué au moyen de courants alternatifs,

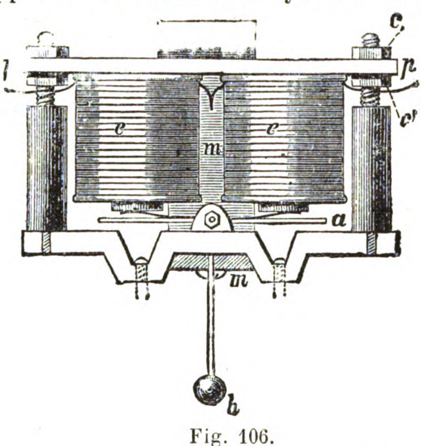


Fig. 106.

la sonnerie est d'une construction spéciale. Elle est alors munie de deux timbres, de manière à utiliser les impulsions des deux

Digitized by Google

courants, du courant positif aussi bien que du courant négatif.

Le modèle, représenté figure 106, se compose de deux électro-aimants *e*, d'une armature *a* et d'un aimant polarisateur *m*. Le marteau *h*, qui est fixé à l'armature, peut frapper alternativement les deux timbres. On augmente notablement la sensibilité de la sonnerie en empêchant l'aimant polarisateur de toucher la pièce polaire de l'électroaimant et en l'en tenant séparé par une distance de 3 millimètres environ ; le réglage de l'armature peut dans ce cas se faire avec beaucoup de précision.

SIGNAUX MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES

108. — L'emploi des appels magnéto sur les lignes téléphoniques est fort entré en vogue pendant les dernières années. Il n'y a pas de doute qu'ils fournissent une source très commode d'énergie électrique ; mais quelques administrations, entre autres le British

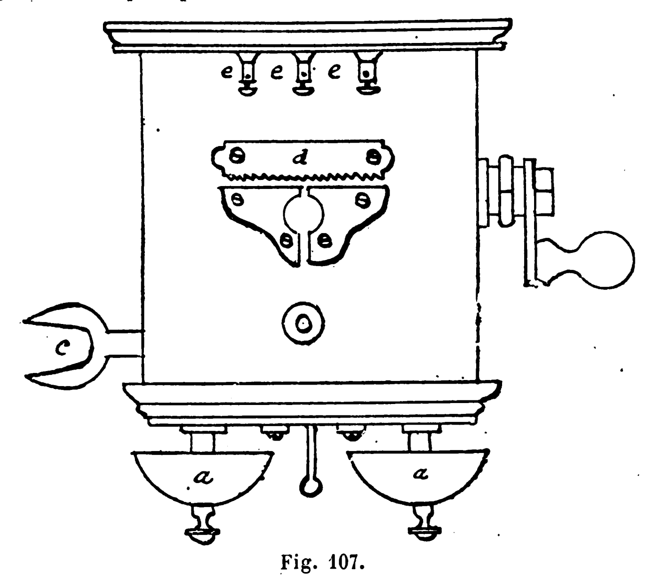


Fig. 107.

Post Office, ne les ont pas adoptés par la considération que l'usage du transmetteur microphonique nécessite déjà l'emploi d'une pile, et pour d'autres raisons de moindre importance.

La première forme de ces appels était semblable à une machine

Digitized by Google

magnéto-électrique médicale ordinaire, mais elle fut bientôt remplacée par l'armature Siemens, qui depuis a été adoptée par

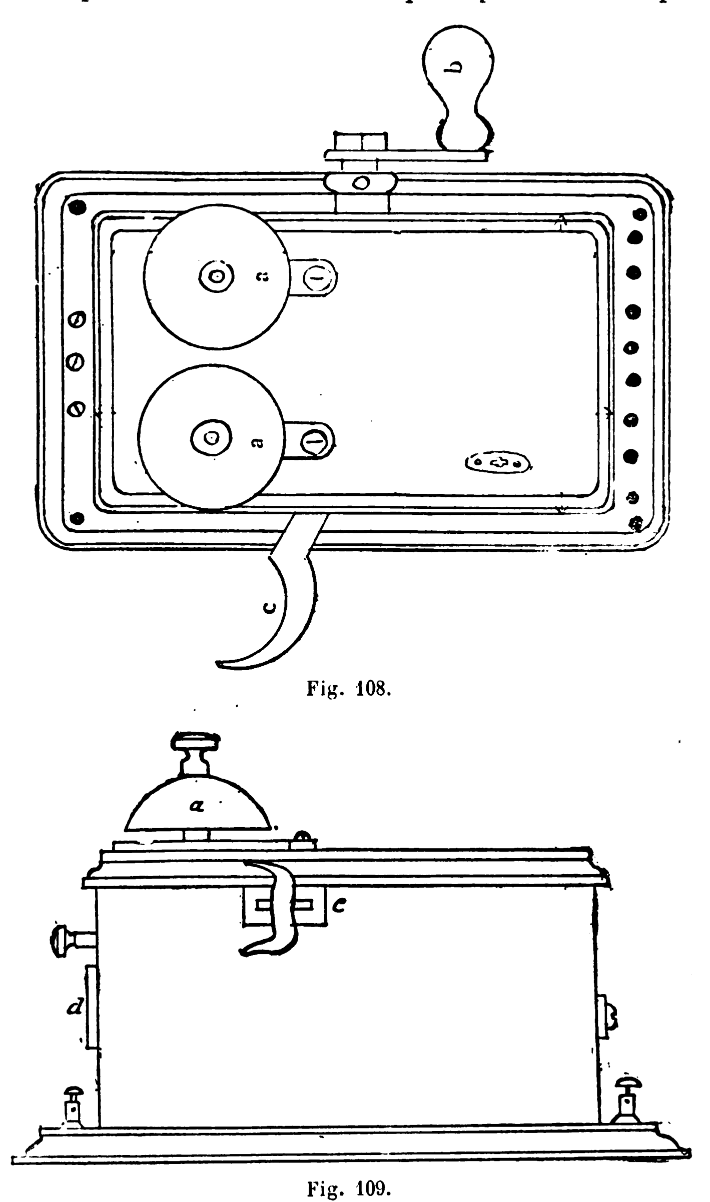


Fig. 108.

Fig. 109.

tous les constructeurs. Au moyen d'une manivelle, on donne à cette armature un mouvement de rotation dans un champ magné-

Digitized by Google

tique très intense. Les courants alternatifs, engendrés dans la machine pendant ce mouvement, sont lancés sur la ligne et actionnent la sonnerie au poste éloigné.

(*a*). — APPELS MAGNÉTO ORDINAIRES

109. — Les figures 107, 108 et 109 représentent respectivement, en plan et en élévation de face et de côté, une boîte d'appel magné-

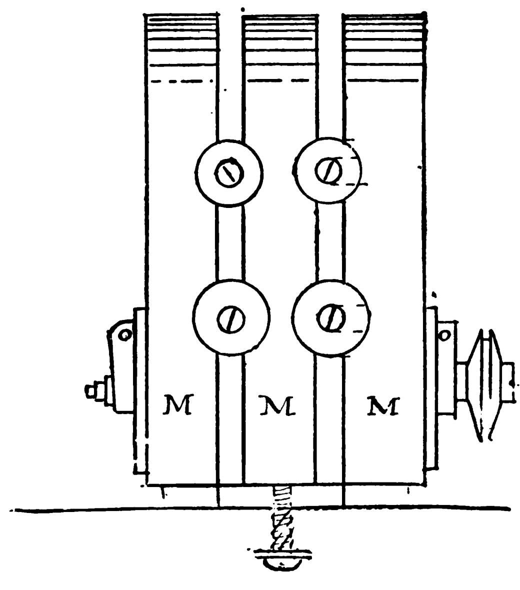


Fig. 110.

tique Williams, telle qu'elle est employée par l'Administration des Téléphones Suisses. L'appareil ne diffère pas essentiellement de ceux qui sont employés par d'autres administrations téléphoniques.

a a sont les timbres de la sonnerie d'appel décrite au paragraphe précédent ; *b* est la manivelle pour tourner l'armature ou système induit du générateur magnéto-électrique placé à l'intérieur de la boîte et décrit plus loin, *c* est le crochet commutateur automatique où on suspend le téléphone et *eee* sont les bornes pour établir les communications avec la ligne, la terre, etc.

La figure 110 donne une vue de côté de l'inducteur magnétique.

Digitized by Google

Les trois aimants M doivent être très durs et, réunis ensemble, doivent avoir une force portative d'au moins 1.500 grammes.

La pièce polaire, représentée figure 111, est rapprochée autant

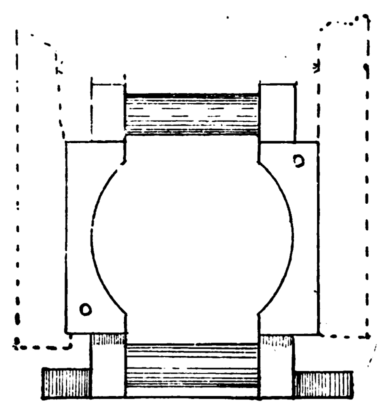


Fig. 111.

que possible des aimants et la cavité intérieure doit être travaillée avec grand soin.

Les figures 112 et 113 montrent le noyau de l'armature avant que le fil soit enroulé, et le disque à friction F.

Le noyau de l'armature doit être du fer le plus doux; sa surface cylindrique doit être dressée avec le plus grand soin et tout l'ensemble doit être centré avec autant de précision que possible sur l'axe du disque à friction.

La résistance des spires de l'armature ne doit pas dépasser 1.000 ohms. Dans la plupart des autres types de magnéto cependant, cette résistance est maintenue plus basse. Une extrémité du fil de l'armature est soudée à une cheville, *a*, qui est en communication directe avec la masse métallique de l'armature et l'autre extrémité est soudée à la cheville *b*, qui est isolée de l'axe de l'armature et est en communication métallique avec la cheville *d*, également isolée de l'axe au moyen du tube d'ébonite *e*.

Le disque à friction F (fig. 112) est fait d'ébonite ou de fibre vulcanisée et engrène avec le disque de commande représenté figure 114, qui donne une vue de côté de l'ensemble de la transmission par friction. Les deux faces du disque moteur D sont faites de feuilles élastiques de carton dur, d'un demi-millimètre d'épais-

Digitized by Google

seur ; elles sont indépendantes l'une de l'autre et sont maintenues ensemble par six vis de laiton.

Il y a un dispositif automatique en *c* qui, lorsqu'on tourne la manivelle, rompt le court-circuit où se trouvent placées les bobines de l'armature lorsque l'instrument est au repos. Dans le schéma (fig. 115), ce dispositif se voit en *i*. Pour le signal magnéto Gilliland, il se compose d'un levier à ressort portant un bouton de contact.

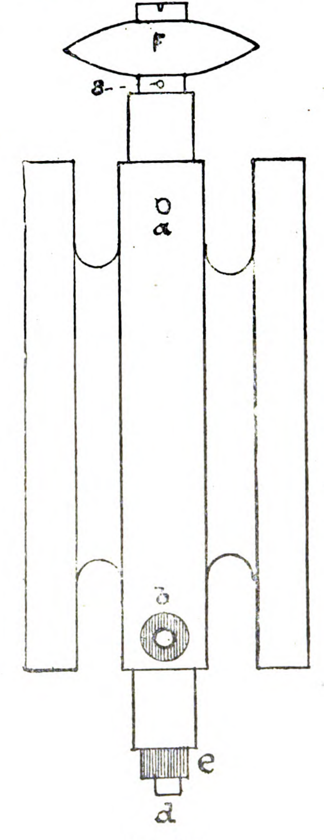


Fig. 112.

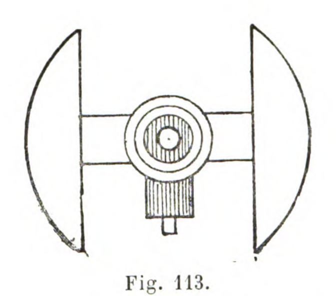


Fig. 113.

110. — Quant à la forme de transmission, nous dirons seulement que d'abord on adopta les roues dentées, mais qu'on les abandonna bientôt en faveur d'appareils moins bruyants, comme les courroies en caoutchouc et les disques à friction métalliques, dont nous avons parlé plus haut.

Le signal magnéto *Gilliland* avait une petite roue motrice en métal interposée entre deux petits disques qui constituaient la roue commandée. Vers le même temps *Williams* adopta la roue motrice à deux plaques engrenant avec une seule roue commandée, d'une matière isolante quelconque, comme nous l'avons décrit plus haut. D'autres ont adopté et continuent d'employer la courroie en caoutchouc et les roues dentées.

La roue dentée a été récemment beaucoup perfectionnée de façon à être aussi silencieuse que possible et il n'y a pas de doute que c'est la meilleure forme au point de vue du bon fonctionnement et de la durabilité.

Digitized by Google

La figure 115 donne le schéma des liaisons électriques des fils dans un appel magnéto.

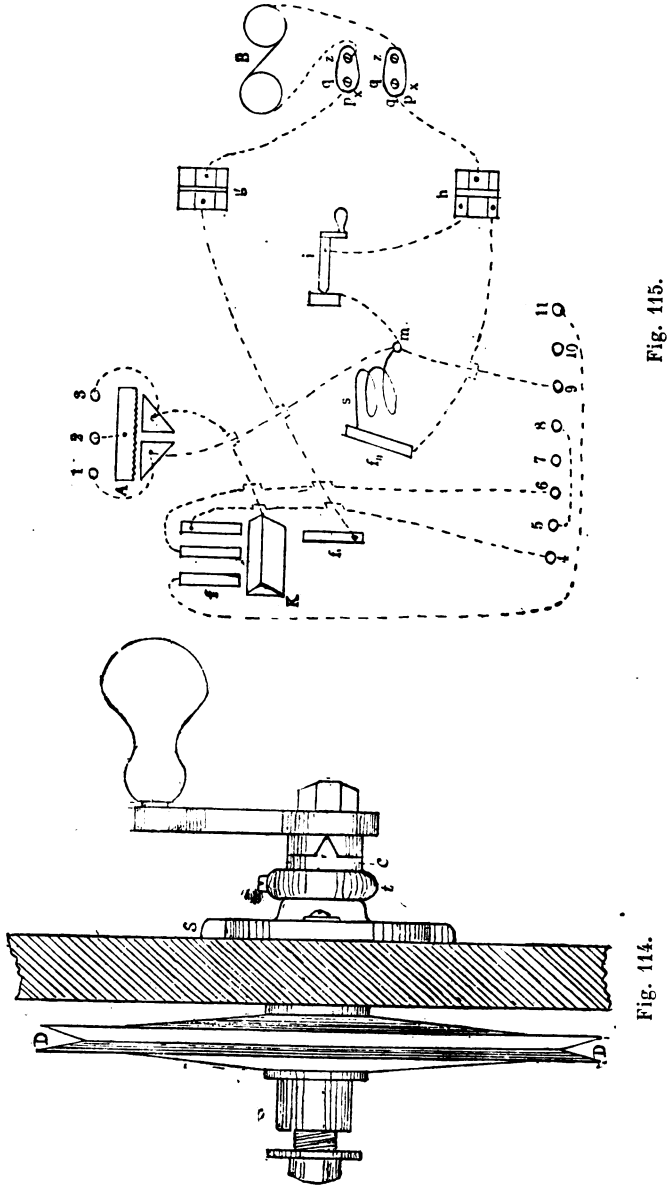


Fig. 115.

Fig. 114.

Lorsqu'on tourne la manivelle avec une vitesse modérée, un bon inducteur magnétique doit être capable de mettre en branle

Digitized by Google

une sonnerie d'appel à travers 20000 ohms de résistance extérieure (10000 ohms sont généralement considérés comme amplement

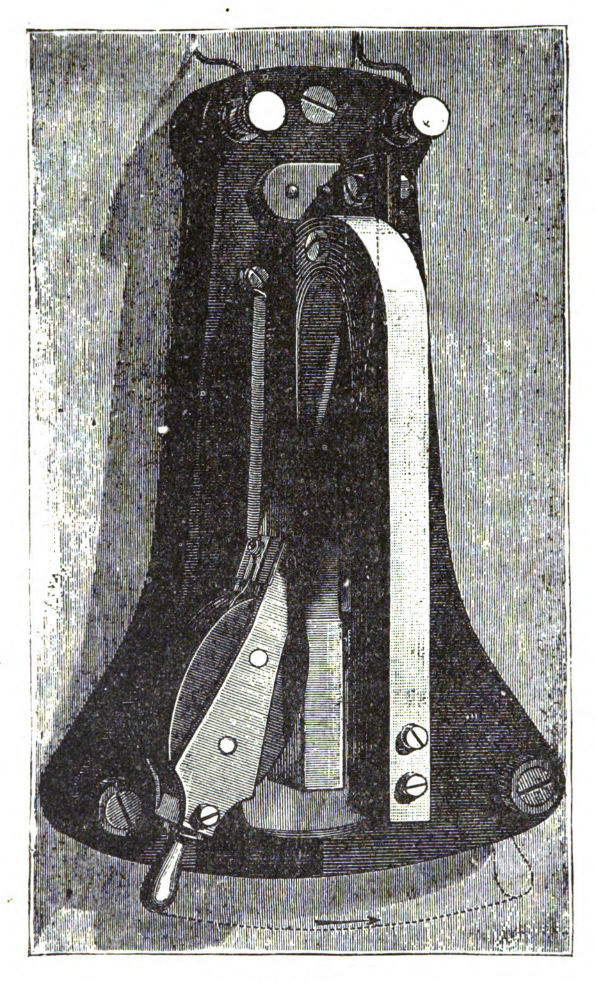


Fig. 116.

suffisants); d'autre part, l'armature de la sonnerie d'appel ne doit pas coller aux pôles de l'électro-aimant, même quand la résistance extérieure est zéro.

Digitized by Google

(b). — APPEL MAGNÉTO D'ABDANK

111. — Ce transmetteur de signaux est représenté, figure 116, et se compose d'un aimant en fer à cheval monté sur un socle en fonte de fer. A une console, fixée sur le socle, est attaché un ressort qui porte à son extrémité opposée une bobine aplatie formée d'un noyau de fer doux et d'un grand nombre de tours de mince fil de cuivre. L'une des extrémités du fil aboutit à travers la masse de l'appareil à l'une des bornes, tandis que l'autre est en communication, au moyen d'un ressort en spirale, avec une vis isolée et de là avec la seconde borne.

Une manette, attachée à un cadre dans lequel s'adapte la bobine, permet de mouvoir celle-ci d'un côté à l'autre de l'aimant et quand on lâche la manette, la bobine prend un mouvement oscillatoire rapide. Pendant ce mouvement le magnétisme du noyau aimanté varie constamment et comme les spires de la bobine sont coupées par les lignes de force de l'aimant, une série de courants alternatifs sont induits dans la bobine.

LE COMMUTATEUR AUTOMATIQUE

112. — Si le transmetteur et le récepteur sont tous les deux des téléphones magnétiques, le commutateur a la forme générale

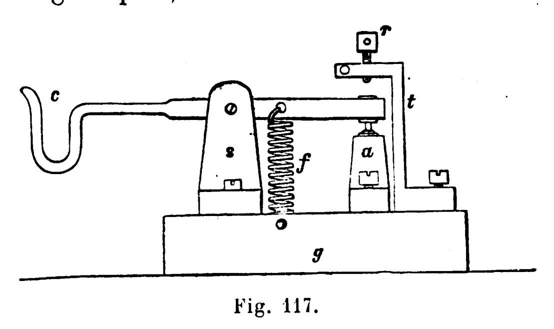


Fig. 117.

représentée par la figure 117, et est contruit de façon à mettre la sonnerie en circuit, lorsque le téléphone est au repos, mais

Digitized by Google

pendant tout le temps que dure la conversation, la sonnerie est en dehors du circuit.

Sur un support en laiton, fixé sur un socle de bois, est monté un levier dont l'un des bras est courbé en forme de crochet *c*. Ce crochet fait saillie à travers la face antérieure de la boîte et il sert à suspendre le téléphone avec ses conducteurs flexibles. Le ressort à boudin *f* maintient l'autre bras qui est droit, pressé sur le contact *a* aussi longtemps que le téléphone n'est pas suspendu au crochet. Mais dès que le téléphone est suspendu, son poids fait descendre le levier dont le bras rectiligne presse alors contre la vis de contact *r*. La sonnerie d'appel ne peut résonner que lorsque le levier presse contre le contact *r*, et le téléphone doit par conséquent toujours être suspendu au crochet, quand il n'est pas en usage.

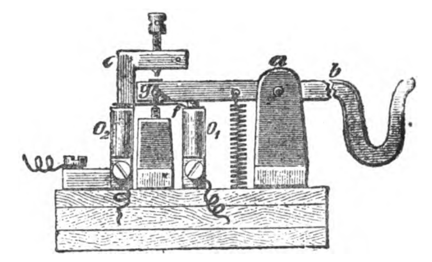


Fig. 118.

113. — Si un transmetteur microphonique est employé, comme c'est généralement le cas en Angleterre, lorsqu'on décroche le téléphone le circuit primaire de la bobine d'induction doit être fermé, et la construction du commutateur est par suite modifiée, comme le montre la figure 118.

Deux petites colonnes en laiton, O_1 et O_2 sont montées sur la base de l'appareil ; O_1 porte un ressort d'acier *f* très flexible, dont l'autre extrémité vient aboutir immédiatement au-dessus de O_2 et arrive en contact avec O_2 lorsque le ressort est abaissé. Cet abaissement du ressort est effectué par un taquet *g* de matière isolante, fixé sur le côté du levier ; dès que le téléphone est enlevé du crochet, ce taquet presse sur le ressort *f* et l'amène en contact avec O.

PARAFOUDRES

114. — Pour protéger les appareils téléphoniques contre les effets pernicieux de la foudre, on munit d'ordinaire chaque groupe

Digitized by Google

complet d'un parafoudre. Ceux-ci sont généralement de la forme la plus simple ; celui dont on se sert d'ordinaire est représenté par la figure 119, et la figure 107 le montre tel qu'il est en place dans une installation.

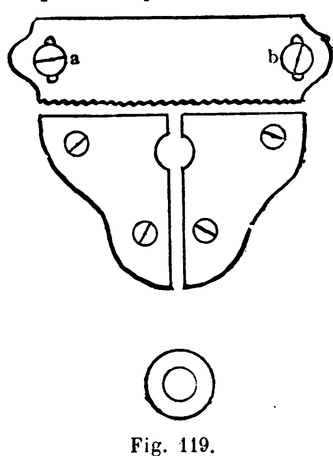


Fig. 119.

Il se compose d'une plaque en laiton, dentée sur un de ses côtés en forme de scie, reliée à la terre et disposée à une très petite distance en regard de deux autres plaques, qui sont en communication avec les lignes. En *a* et *b*, il y a des coulisseaux qui permettent d'ajuster la distance séparant la plaque oblongue des deux plaques triangulaires.

En réalité, cependant, les appareils téléphoniques ne sont pas sujets en Angleterre à souffrir de la foudre, et quand il y a des dégâts, ils sont généralement très légers. Le danger est pratiquement nul, lorsqu'on emploie le système du double fil, puisque le circuit offre alors, pour la décharge de la foudre, un passage facile à la terre : aussi l'Administration des Postes d'Angleterre trouve-t-elle tout à fait inutile de protéger les circuits téléphoniques ordinaires. Lorsqu'elle juge à propos d'employer une protection, comme dans le cas des circuits à fil simple, elle fait installer le modèle de paratonnerre du British Post Office, représenté figure 120.

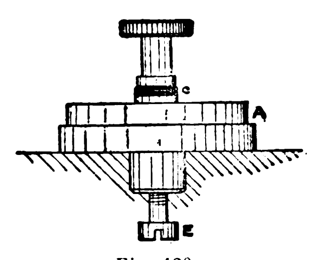


Fig. 120.

Il consiste simplement en deux disques circulaires de laiton ayant leurs faces parfaitement unies et étamées. Entre ces deux disques, est placée une feuille de mica avec trois perforations autour d'une ouverture centrale. La plaque supérieure est réunie à la plaque inférieure par une borne, isolée de A au moyen d'un collet en ébonite *c*. Le fil de ligne est serré entre A et une rondelle en laiton qui sépare la plaque et le collet. Les parafoudres sont fixés sur leurs bases ou bien séparément ou bien en groupes

Digitized by Google

et la communication à la terre s'établit à la vis inférieure E.

La figure est $\frac{2}{3}$ grandeur naturelle.

115. — L'Administration des Postes d'Allemagne a introduit pour le service de la téléphonie une forme soigneusement travaillée du paratonnerre à fuseau, qui mérite une mention spéciale. Il possède certainement plusieurs particularités intéressantes.

Dans l'appareil représenté figure 121, trois cylindres de laiton

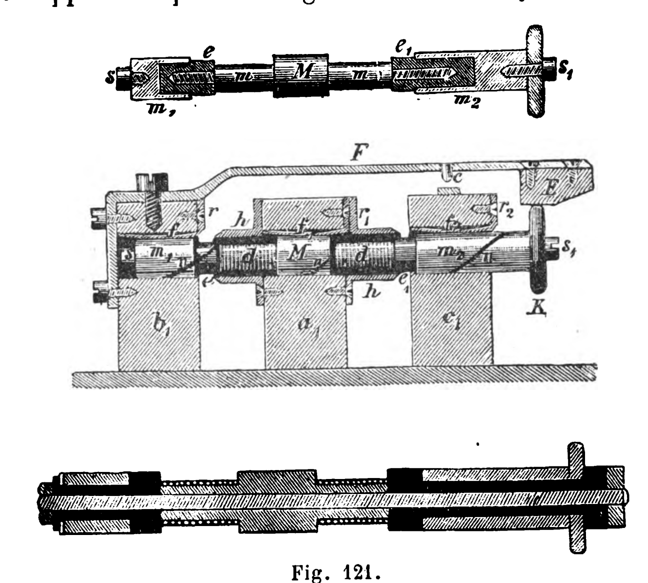


Fig. 121.

m_1 M m_2, isolés entre eux, sont fixés sur l'axe ss_1. Les deux extrémités m du cylindre sont amincies de manière à avoir un diamètre un peu plus petit que la partie centrale. Sur ces broches, on enroule un fil de 0,1 millimètre de diamètre, couvert de soie. Les pièces m_1 et m_2 sont isolées de l'axe et de M au moyen de collets en ébonite. La pièce centrale M aussi bien que les collets en ébonite ont sur leur surface une rainure en forme de spirale, dans laquelle est placé le fil d enroulé sur M. Les deux extrémités de ce fil sont soudées aux pièces m_1 et m_2, qui sont ainsi réunies électriquement, tandis que le cylindre M est isolé d'elles par la couverture de soie du fil. L'axe repose dans trois blocs de laiton a_1 b_1 c_1 dans lesquels il s'adapte parfaitement ; on assure égale-

ment une bonne liaison électrique au moyen de ressorts métalliques f qui exercent une certaine pression contre les cylindres m_1, m_2 et M. Le bloc de gauche, b_1, est relié au fil menant à l'appareil, celui de droite, c_1, à la ligne et celui du centre a_1 à la terre. Le fil de ligne va du bloc de droite, à travers le fil couvert de soie, au bloc de gauche et de là à l'appareil. Si un courant trop énergique passe de la ligne au paratonnerre, il doit passer à travers le fil couvert de soie et il le fondra ou bien il le chauffera suffisamment pour détruire la couverture de soie et passer ainsi à M et de là à la terre. En même temps le circuit de l'appareil est rompu par suite de la fusion du fil et l'appareil lui-même est ainsi préservé de tout dégât.

Pour rétablir le poste en état de service, on doit changer l'axe après que le fil a été fondu. C'est ce qu'on fait en l'enlevant simplement de ses coussinets ; cette opération mettrait l'instrument hors circuit, si les changements suivants de contacts n'étaient pas amenés par l'opération elle-même :

Au bloc de gauche b_1 est attaché un ressort en laiton F qui porte une pointe de platine c et quand l'axe est enlevé, celle-ci vient s'appuyer sur un petit disque de platine disposé sur le bloc de droite c_1. Les deux blocs b_1 et c_1 sont ainsi directement reliés ensemble et la ligne va directement à l'appareil. Lorsqu'on introduit maintenant un nouvel axe, le disque K, qui y est fixé, soulève le bloc d'ébonite E fixé au ressort F, interrompt le contact de platine et met le fil protecteur du nouvel axe en circuit.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

POSTES ORDINAIRES TERMINAUX

(*a*). — AVEC DES TRANSMETTEURS A MICROPHONE

116. — La figure 122 donne une vue d'ensemble et la figure 123, déjà donnée à la page 65, indique les communications électriques du téléphone Gower-Bell, tel qu'il est employé par le British Post Office. Nous exposerons ici les principes généraux de la disposition des différentes parties d'un poste téléphonique.

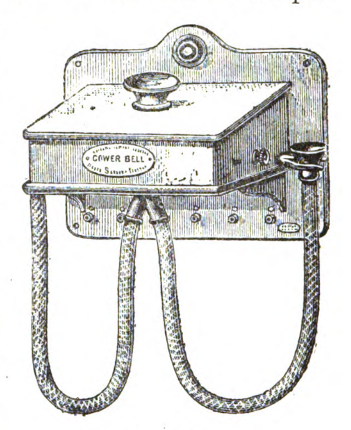


Fig. 122.

K est une petite clef, articulée par son extrémité inférieure, de manière à pouvoir jouer entre deux points de contact. Le levier lui-même est en communication avec la ligne, et le contact supérieur de la clef est relié à un des pôles de la pile d'appel ; l'autre pôle de cette pile est mis à la terre ou à la ligne de retour, d'après le système en usage. En pressant sur un petit bouton d'ivoire, au sommet de l'instrument, on met le levier K en communication avec le contact supérieur, et un courant sera lancé sur la ligne.

Le contact inférieur de K est relié à l'axe du levier commutateur de gauche S dont le bras le plus long, comme aussi celui du levier commutateur de droite, est normalement tenu abaissé au moyen des cornets acoustiques, comme le montre la figure 122.

Dans ce cas, si un courant vient de la ligne, il passe par la

Digitized by Google

borne L, la clef K, le levier commutateur S et par son contact antérieur ; en traversant ensuite les bobines du relais B pour se rendre à la terre ou à la ligne de retour, il actionne le relais et fait marcher la sonnerie. Lorsqu'on a répondu à cet appel en appuyant sur le bouton d'ivoire, comme nous avons dit plus haut, on enlève les cornets acoustiques des crochets commutateurs S, S', et les parties du téléphone qui servent à la réception et à la transmission de la parole sont prêtes pour le service. Ce change-

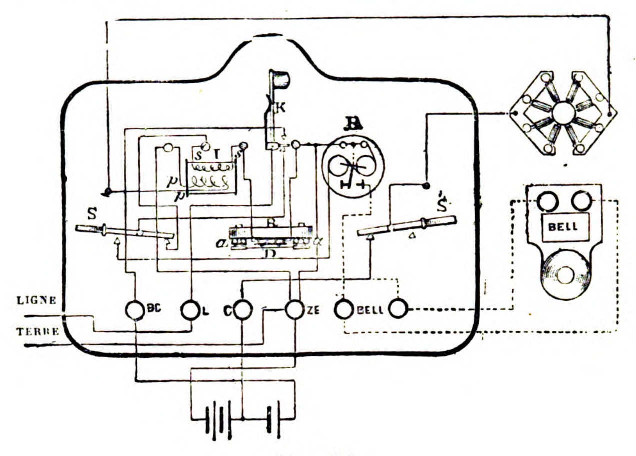


Fig. 123.

ment de liaisons, pratiquement automatique, est effectué au moyen de deux ressorts à boudin qui, une fois les cornets acoustiques enlevés, amènent les commutateurs S, S' dans les positions indiquées par la figure 123. Le levier de droite met en communication le microphone et le fil primaire de la bobine d'induction avec la partie gauche de la pile (deux éléments Leclanché), tandis que le mouvement du levier de gauche interrompt la communication entre le relais et la ligne et établit celle du récepteur et du circuit secondaire de la bobine d'induction.

Comme nous l'avons déjà dit, il n'y a pas de différence essentielle entre la disposition générale du téléphone Gower-Bell et celle de toute autre forme complète du téléphone microphonique. La construction du microphone, cela va sans dire, aura une influence directe sur la forme de l'instrument, puisque certains microphones veulent être fixés perpendiculairement et d'autres

Digitized by Google

avec plus ou moins d'inclinaison ; ou encore, lorsqu'on fait usage de récepteurs séparés au lieu d'un récepteur fixe à tubes, comme dans le Gower-Bell, on combine généralement les commutateurs sur un seul levier. Les figures d'un chapitre précédent (chap. VII) montrent quelques-unes des formes que prennent ces instruments.

Les accessoires sont pratiquement identiques partout où, comme en Angleterre, un transmetteur microphonique et un récepteur magnétique sont en usage.

(*b*). — TRANSMETTEUR MAGNÉTIQUE

177. — Dans ce cas, qui se rencontre très rarement, la disposition est celle que représente la figure 124.

Pour l'appel, on appuie sur le bouton *a*, de manière que le res-

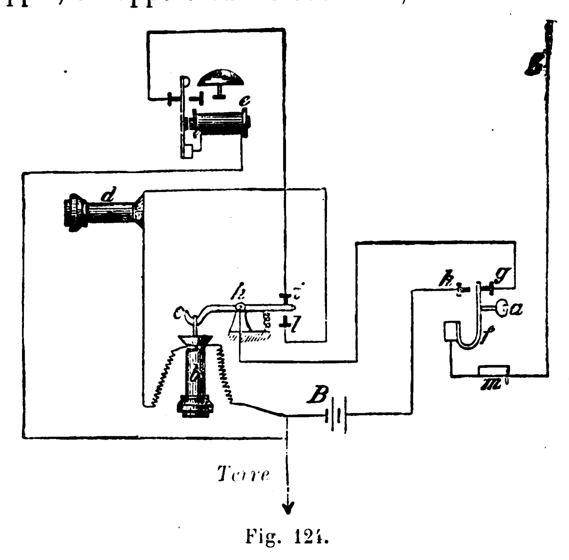


Fig. 124.

sort de contact *f* touche le contact *k* et on fait communiquer ainsi la pile B, dont l'un des pôles est à la terre, avec la ligne L ; un courant passe à travers *k*, *f*, et la borne *m* dans la ligne L.

D'une manière analogue, lorsqu'un appel est reçu au poste, le courant venant de la ligne L passe par *m*, *f*, le contact *g*, et l'axe *h* du commutateur automatique, d'où il va au levier et contact *i* et finalement par la sonnerie d'appel à la terre. La sonnerie d'ap-

Digitized by Google

pel se mettra donc en branle, à condition que le téléphone *b* soit suspendu au crochet *c*, de manière que le courant puisse passer directement à la sonnerie d'appel. Si le téléphone n'est pas suspendu au crochet, le circuit d'appel est interrompu.

Après avoir donné le signal et reçu en retour un signal semblable, on décroche le téléphone et on rompt ainsi le contact *i*, tandis qu'on établit celui du levier avec *l*. Les courants d'induction, engendrés dans le téléphone employé comme transmetteur, traversent les bobines des deux téléphones *b* et *d* (l'un des conducteurs de *b* est à la terre) et passent par *l*, *h*, *g*, *f* et *m* dans la ligne. Les courants d'induction envoyés d'un poste éloigné arrivent au téléphone d'une manière analogue. Comme les deux téléphones sont en circuit, ils peuvent servir tous deux soit de transmetteurs, soit de récepteurs.

Pour entendre tout à fait distinctement, on applique une oreille au téléphone qui est fixé horizontalement dans la boîte, tandis que l'autre téléphone est appliqué contre l'autre oreille ; c'est ce que montre la figure 131, page 178 ; de cette manière, on intercepte efficacement les bruits venant du dehors. En général cependant, on affecte à la réception le téléphone qui est suspendu à la boîte et à la transmission celui qui est fixé, de manière que la conversation ne soit pas interrompue.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII

STATIONS INTERMÉDIAIRES

118. — Lorsqu'il y a plus de deux postes en communication sur un seul circuit, il est souvent à désirer ou nécessaire que l'abonné qui parle puisse diviser le circuit à volonté sur un ou plusieurs points. Par exemple, lorsqu'il y a trois postes, il peut être requis que, lorsque deux d'entre eux correspondent, le troisième, tout en conservant la possibilité de donner un signal d'appel pour attirer l'attention, soit mis hors d'état d'interrompre ou d'entendre la conversation des deux autres. Ou encore, s'il y a plus de trois postes, le circuit doit être disposé de telle façon que lorsque deux postes à l'une des extrémités du circuit correspondent, ils n'empêchent pas deux postes plus rapprochés de l'autre extrémité d'entrer également en communication.

Ce résultat s'obtient au moyen de commutateurs, qui prennent des formes diverses.

(*a*). — SYSTÈME DU BRITISH POST OFFICE

119. — Nous devons d'abord attirer l'attention sur le fait déjà cité (§ 91) que dans ce système l'emploi des circuits métalliques forme la règle générale et celui des fils simples l'exception. Dans ces conditions, il y a trois manières différentes de placer un poste téléphonique intermédiaire.

(1) On peut le disposer sur l'une des deux lignes, comme l'indique la figure 125 en *a*. La principale objection contre cette disposition est que l'équilibre d'induction du circuit métallique est dérangé, à cause du défaut de symétrie électrique entre les deux lignes : il se produit donc des bruits provenant de l'induction.


Digitized by Google

(2) Les bobines du récepteur et le circuit secondaire de la bobine d'induction peuvent être placés en partie sur l'une des lignes,

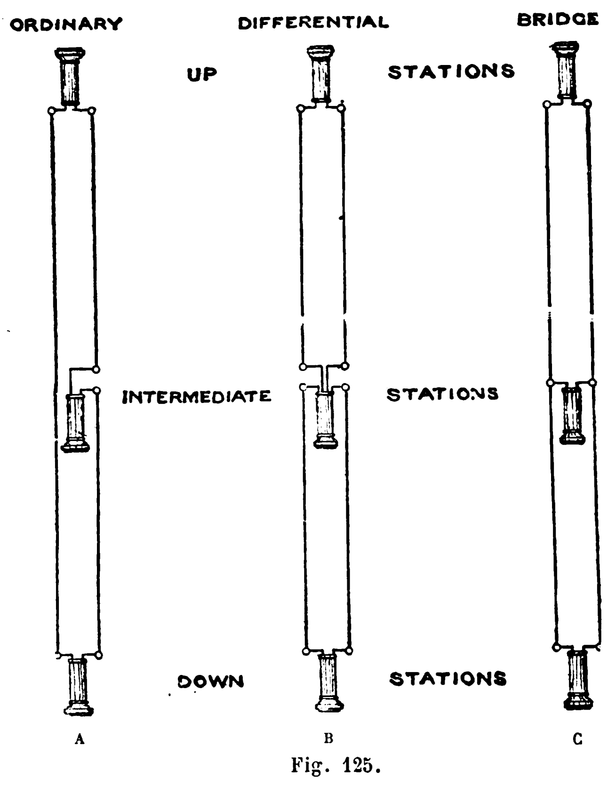


Fig. 125.

tandis que la partie correspondante est intercalée dans le circuit de la seconde ligne.

Au point de vue téléphonique, cette solution est parfaitement satisfaisante, mais comme elle nécessite l'enroulement en sens inverse des bobines des récepteurs et des bobines d'induction, elle donnera probablement lieu à certaines difficultés électriques et mécaniques. Le principe est indiqué sur la figure 125 en *b*.

(3) Chaque ligne est continue à travers le poste intermédiaire et l'appareil de ce dernier est placé en travers des deux lignes ou en forme de pont (*in bridge*), comme le montre la figure 125 en *c*. Cette disposition est tout à fait satisfaisante au point de vue téléphonique, même lorsque six ou huit téléphones sont ainsi disposés en pont (pourvu que la distance entre deux postes consécutifs

Digitized by Google

ne soit pas excessive). On surmonte très facilement les difficultés électriques au moyen de bobines de résistance, convenablement proportionnées et disposées dans les différentes sections du circuit. On tire ici parti de l'inertie électromagnétique de l'appareil lui-même. Elle actionne le récepteur, elle ferme le circuit du pont, et fait ainsi passer les courants le long de la ligne.

Le système du Post Office comprend chacun de ces procédés et

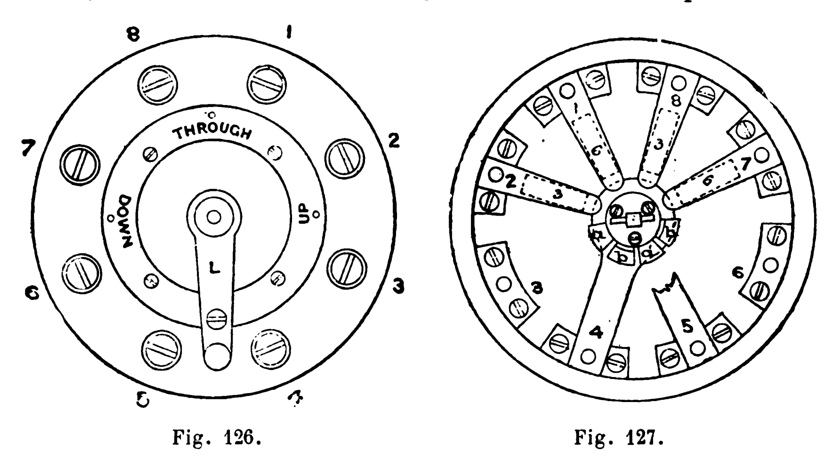


Fig. 126. Fig. 127.

des commutateurs ont été construits pour chacun d'eux, mais comme le principe général de la construction des commutateurs aussi bien que la disposition du poste intermédiaire ne diffère pas sensiblement dans les différents systèmes, nous ne décrirons ici que la dernière des formes, auxquelles nous avons fait allusion.

La face antérieure de ce commutateur (Bridge Intermediate Switch) est représentée par la figure 126 et sa face opposée par la figure 127.

1 et 2 sont des ressorts respectivement en communication avec les lignes allant au Bureau central (up lines), 7 et 8 sont des ressorts semblables reliés aux lignes correspondantes allant au poste terminal (down lines). Sous ces ressorts, il y a des blocs de laiton, reliés au moyen de rubans de laiton alternativement avec les bornes 3 et 6, comme l'indiquent les chiffres 3, 6, 3, 6. Les

[1] *Up* = vers le bureau central.
Down = vers le poste extrême.
Through = communication directe entre les deux autres stations.

Digitized by Google

bornes 3 et 6 sont reliées aux deux bornes d'une sonnerie trembleuse ordinaire. Le déplacement de la manette du commutateur L actionne une came fixée sur l'axe du levier. Cette came est en

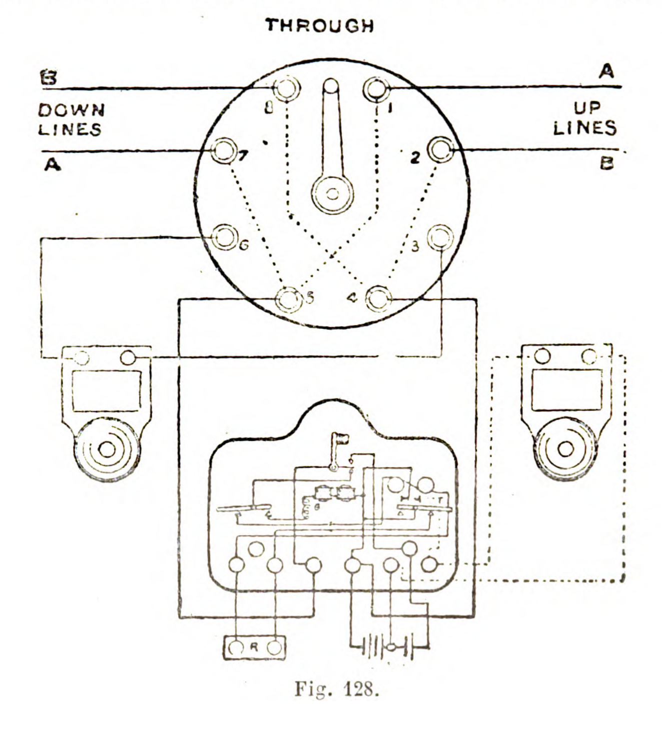


Fig. 128.

deux sections, isolées l'une de l'autre, et munies chacune de deux saillies alternantes ; *a*, *a'*, sont les saillies de la section supérieure et *b*, *b'*, celles de la section inférieure. Les deux sections sont reliées au moyen des ressorts représentés aux bornes 5 et 4 respectivement, qui sont en communication avec les deux bornes de ligne du téléphone. La manette et la came sont représentées dans la position qu'elles occupent sur la figure uniquement pour permettre au lecteur de voir plus clairement toutes les parties de l'appareil. Les positions réelles de la manette sont sur « *Down* », « *Through* », et « *Up* ». Lorsque la manette occupe la position « *Through* », toutes les saillies de la came sont sous les ressorts et les soulèvent de manière qu'ils ne forment plus contact avec les blocs de laiton ; quand on tourne la manette sur « *up* », *a* et *b* sont sous 1 et 2 respectivement et les ressorts 7 et 8 tombent à leur

Digitized by Google

position de repos sur leurs ressorts 6 et 3. On peut remarquer ici que les quatre ressorts de ligne sont construits de façon à avoir un mouvement de friction et par suite de nettoyage sur les blocs qui les supportent.

La figure 128 indique la combinaison électrique complète des appareils à un poste intermédiaire disposé d'après ce système. Les lignes en pointillé sur le commutateur lui-même indiquent les liaisons intérieures lorsque la manette occupe la position « *Through* ».

Dans cette position, les lignes A sont sans solution de continuité au moyen des bornes 1, 5 et 7, et de même les lignes B au

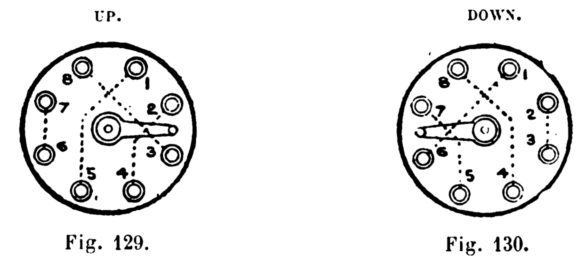


Fig. 129. Fig. 130.

moyen de 2, 4, et 8 ; le téléphone avec son relais et la sonnerie trembleuse (sur la droite) est intercalé entre les lignes A et B respectivement aux points 5 et 4. Dans cette position, la sonnerie trembleuse supplémentaire, représentée sur la gauche, n'est pas en circuit.

Lorsque la manette du commutateur est tournée sur « *Up* » et « *Down* », les liaisons sont changées et deviennent celles indiquées par les figures 129 et 130 respectivement. Dans la position « *Down* », les lignes allant vers le poste terminal restent en communication avec le téléphone (5 et 4), mais les lignes allant vers le Bureau central sont maintenant reliées à la sonnerie supplémentaire (6 et 3). Le poste intermédiaire peut alors recevoir le signal d'appel du poste terminal et correspondre avec lui, mais il peut seulement recevoir le signal d'appel du Bureau central au moyen de la sonnerie supplémentaire. Dans la position « *Up* », ces conditions sont renversées : le Bureau central peut donner le signal d'appel au poste intermédiaire et aussi entrer en correspondance avec lui, tandis que le poste terminal peut seulement donner le signal d'appel au moyen de la sonnerie supplémentaire.

Digitized by Google

(b). — SYSTÈME ALLEMAND

120. — La figure 131 montre la disposition d'un poste intermédiaire tel qu'il est installé par l'Administration des Postes en Allemagne, avec le téléphone Siemens (§ 30), employé comme transmetteur aussi bien que comme récepteur.

La description suivante donnera une idée claire de la construction du commutateur.

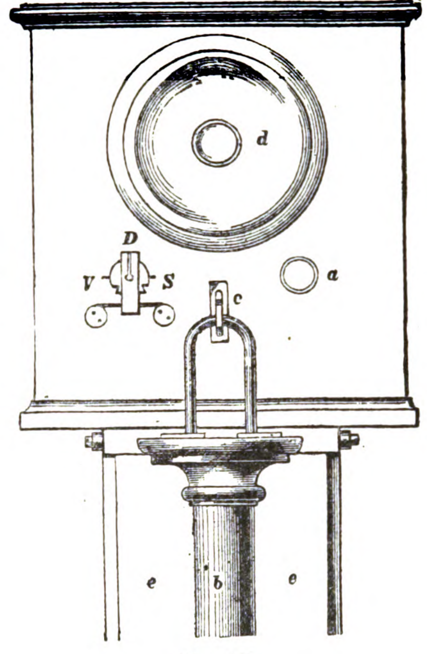


Fig. 131.

Aux bords supérieur et inférieur de la plaque G G (figure 132) sont fixées, au moyen de vis, six lames de ressorts, 1-6, en maillechort, et la plaque elle-même est fixée à la face intérieure du devant de la boîte téléphonique. A l'intérieur de la boîte, et dans l'espace libre circonscrit par les six ressorts, il y a un axe qui fait saillie à travers le devant de la boîte, et est muni d'une manette à l'extérieur (fig. 131).

Sur cet axe, tout près de la face intérieure du devant de la boîte,

Digitized by Google

sont fixées deux pièces de contact, I et II, en laiton, qui se trouvent disposées dans le même plan que les quatre ressorts 3, 4, 5 et 6.

Une autre pièce de contact, III, portant deux saillies, est fixée, entre les ressorts 1 et 2, à l'extrémité intérieure de l'axe, dont elle est isolée comme aussi des pièces de contact I et II.

Lorsqu'on tourne la manette extérieure (la rotation est limitée

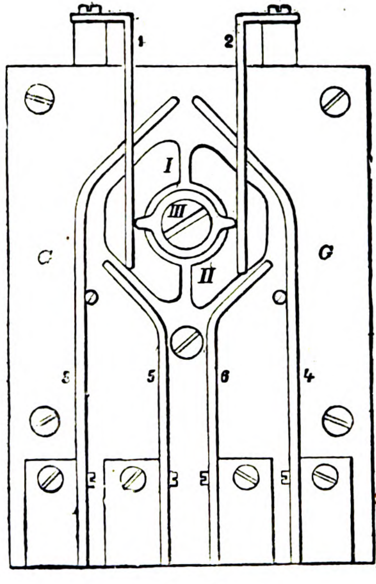


Fig 132.

de chaque côté à un angle d'environ 45°, au moyen d'un butoir disposé sous la manette), l'axe peut prendre, par rapport aux ressorts 1-6, trois différentes positions.

Première position. — Manette verticale, position D. La pièce de contact centrale presse contre les ressorts 1 et 2 ; les ressorts 3, 4, 5 et 6 sont libres (fig. 132).

Le téléphone intermédiaire n'est pas en circuit.

Seconde position. — Manette tournée vers V. La pièce de contact I presse contre les ressorts 3 et 4 ; la pièce de contact II, contre les ressorts 5 et 6 ; les ressorts 1 et 2 sont libres.

Le poste intermédiaire peut correspondre avec le Bureau cen-

Digitized by Google

tral, le poste terminal peut donner le signal d'appel au poste intermédiaire.

Troisième position. — Manette tournée vers S. La pièce de contact I presse contre les ressorts 3 et 5 ; la pièce de contact II contre les ressorts 4 et 6 ; les ressorts 1 et 2 sont libres (fig. 134).

Le poste intermédiaire peut correspondre avec le poste terminal, le Bureau central peut donner le signal d'appel au poste intermédiaire.

Dans la face antérieure de la boîte téléphonique, sont enfoncées

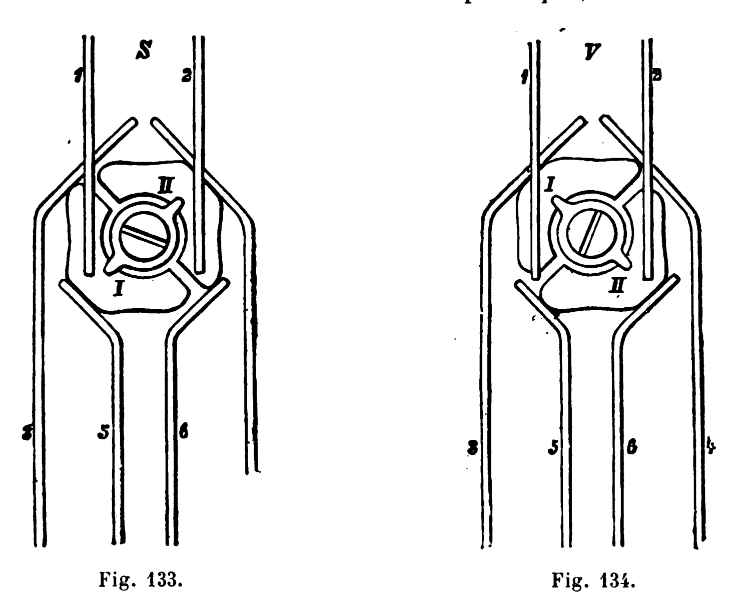


Fig. 133.

Fig. 134.

deux petites goupilles ; au-dessus d'elles, et en communication avec elles, se trouve un ressort portant une pièce aplatie d'acier, munie d'une dent en forme de coin. L'axe de la manette porte un disque dans la circonférence duquel sont découpées trois entailles triangulaires. Lorsque la manette est dans la position représentée par la figure 131, c'est-à-dire que le circuit ne passe pas par le téléphone du poste intermédiaire, la dent du ressort engrène avec l'entaille centrale. En tournant la manette vers la droite, la dent passe de l'entaille centrale à la suivante, et le poste intermédiaire est en communication avec le poste terminal (troisième position) ;

Digitized by Google

en tournant à gauche, au contraire, le poste intermédiaire entre en communication avec le Bureau central et le poste terminal ne peut plus que donner le signal d'appel au poste intermédiaire. Les entailles sont disposées de façon que la manette, dans son mouvement de rotation vers la droite ou vers la gauche, ne puisse pas dépasser la position qu'elle occupe lorsque la dent engrène avec l'entaille correspondante.

121. — Dans un modèle plus récent et quelque peu modifié, les deux pièces de contact I et II sont formées par deux bandes de

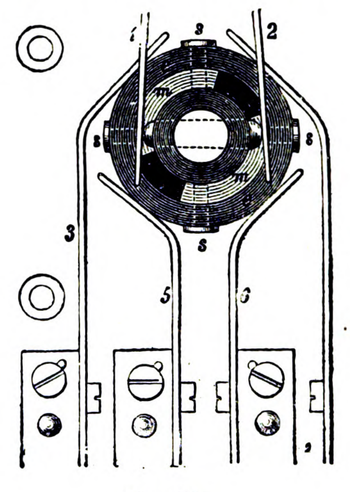


Fig. 135.

laiton circulaires *m* entourées d'un anneau en ébonite *e* (fig. 135), auquel elles sont fixées par les quatre vis *s*. Quand la manette est tournée à droite ou à gauche, les ressorts 3, 4, 5, 6 sont reliés par paires au moyen des vis *s* et des pièces de laiton *m*, tandis que dans la position verticale de la manette, une cheville, arrondie à ses deux extrémités, relie les deux ressorts 1 et 2, les autres ressorts étant isolés.

Le chemin, que suit le courant dans les différents cas, est indiqué sur la figure 136.

Première position. — Le courant arrivant du Bureau central par la ligne L, passe par le parafoudre S_1, l'électro-aimant du relais R,

Digitized by Google

puis par les ressorts 1 et 2, le parafoudre S_2 et la borne L_2 au circuit du poste terminal.

Le poste terminal peut donc correspondre avec le Bureau central.

Dans cette position, si le contact de pile est établi au poste terminal ou au Bureau central, le relais R est actionné, ferme le

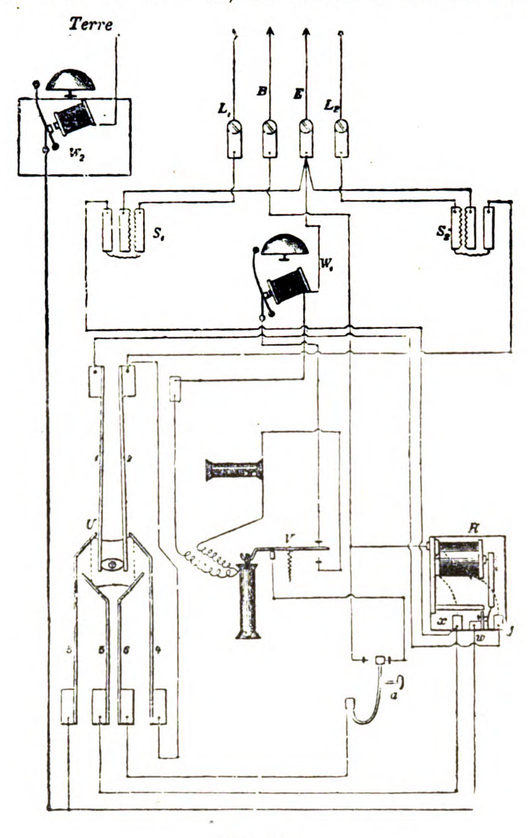


Fig. 136.

circuit local, et fait marcher la sonnerie W_2. Au moyen d'un système de signaux dont on est convenu préalablement, le poste intermédiaire peut dire à quelle station le signal est adressé.

Seconde position. — Les liaisons sont indiquées sur la figure au moyen de lignes courbes pleines entre les ressorts ; les ressorts 1 et 2 sont libres.

Un courant arrivant du Bureau central passe par L_1, S_1, puis

Digitized by Google

par les ressorts 5 et 6, le bouton d'appel *a*, le levier de commutateur V, la sonnerie d'appel W_1, et se rend à la terre.

Le poste intermédiaire reçoit donc le signal d'appel, et peut, après avoir décroché son téléphone, correspondre avec le Bureau central.

Un courant arrivant du poste terminal par L_2 passe par S_2, les ressorts 4 et 3, la sonnerie d'appel W_2 et trouve enfin la terre.

Le poste intermédiaire reçoit donc le signal d'appel du poste terminal.

Troisième position. — Les liaisons sont indiquées sur la figure par des lignes pointillées. Les ressorts 1 et 2 sont libres.

Un courant arrivant du poste terminal passe par L_2, S_1, les ressorts 4 et 6, le bouton d'appel *a*, puis va au levier du commutateur V et de là, par la sonnerie d'appel W_1 à la terre.

Après avoir décroché le téléphone, le poste intermédiaire peut correspondre avec le poste terminal.

Un courant arrivant du Bureau central par L passe par S_1, puis par les ressorts 5 et 3, et se rend par la sonnerie d'appel W_2 à la terre.

Le poste intermédiaire reçoit alors le signal d'appel du Bureau central.

On remarquera que, dans le système, le relais n'est pas employé, excepté dans le cas où les deux lignes ne sont pas mises en circuit avec le téléphone du poste intermédiaire.

(c). — COMMUTATEUR LASSANCE POUR POSTES INTERMÉDIAIRES (SYSTÈME BELGE)[1]

122. — Dans l'appareil, représenté par les figures 137 et 138, D est une manette en bois, pivotant sur la tablette isolante E, et dont les extrémités amincies sont munies par-dessous de lames de cuivre *d*, formant ressorts. Ces lames sont destinées à réunir, d'une part, les contacts *ab*, *ac*, *cb* en relation avec les deux lignes

[1] *La Lumière électrique*, n° 13, 1885.


Digitized by Google

et le téléphone M du poste ; d'autre part, les contacts *as* et *cs* correspondent aux lignes et à une sonnerie supplémentaire S. Afin

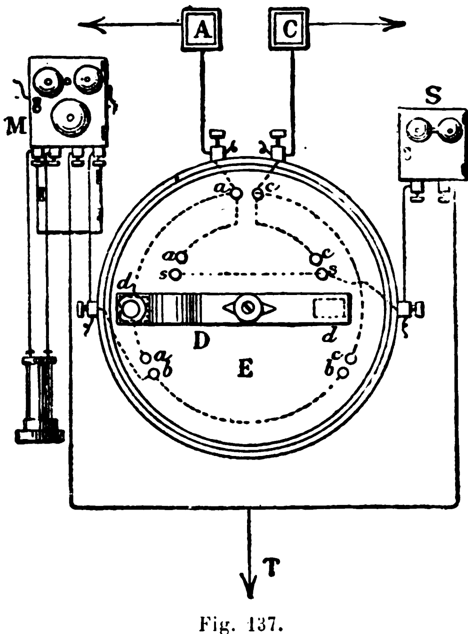


Fig. 137.

d'empêcher la longue branche de la manette de rencontrer les contacts intérieurs, on lui donne en la courbant une certaine

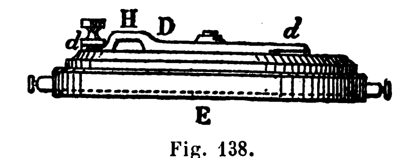


Fig. 138.

surélévation, qui lui permet de se déplacer librement au-dessus d'eux.

La simple inspection de la figure 137 montre que, si l'on met par exemple les contacts *a* et *b* en relation, — c'est-à-dire le poste A sur téléphone, — les contacts *c* et *s* seront réunis du même coup, ce qui aura pour effet de mettre le poste C sur sonnerie d'appel. On voit encore que lorsque les postes A et C sont réunis directement, le poste intermédiaire est complètement hors de circuit et ne peut surprendre la conversation. Cependant, dès que la con-

Digitized by Google

versation est terminée, il peut en être averti par le jeu des indicateurs A et C.

Enfin la position de la manette dans la figure correspond à l'isolement des deux lignes.

(*d*). — SYSTÈME DE HARTMANN ET BRAUN

123. — Cette disposition est remarquable par sa simplicité et a été inventée par MM. Hartmann et Braun, de Bockenheim, près Frankfort-sur-Mein. Elle est indiquée par la figure 139 : *a*, *b*, *c* sont trois blocs métalliques fixés sur une planchette, et auxquels sont soudées quatre lames de ressorts métalliques *l*, *l'*, *l''* et *l'''*. Les deux premières, étant plus puissantes que les deux dernières et pressant sur elles au moyen des chevilles isolées *i*, et *i'*, les éloignent des boutons métalliques *g* et *g'* et se mettent ainsi elles-mêmes en contact avec ceux-ci. Comme l'indiquent les lignes en pointillé, les contacts *g* *g'* sont en communication électrique avec la sonnerie d'appel S. L' et L'' sont les bornes des deux lignes, T est la terre et A conduit à l'appareil téléphonique de la station intermédiaire. H est un levier à deux bras, dont le plus court porte deux saillies, pouvant faire contact et agir sur les ressorts *l* et *l'*. Quand on tourne la manette à gauche, le ressort *l'* est écarté vers la droite, quitte le bouton *g'*, et permet au ressort *l''* de venir en contact avec celui-ci. Des changements analogues se produisent quand on tourne la manette à droite. Les blocs *ac* sont munis de vis pointues *v* et *v'* qui, en se rapprochant du bloc jusqu'à une fraction de millimètre près, peuvent servir de paratonnerre. Dans la position du levier H, telle qu'elle est indiquée sur la figure, le téléphone de la station intermédiaire est mis hors circuit : les deux stations

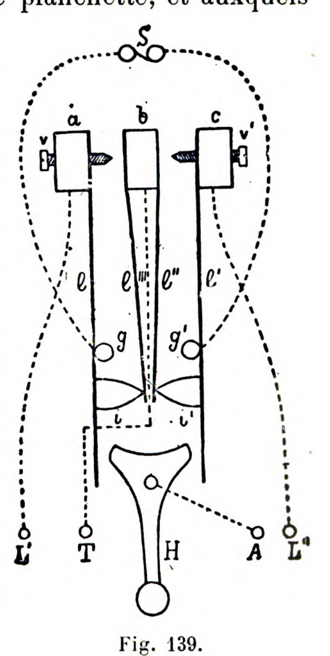


Fig. 139.

Digitized by Google

aux extrémités de la ligne sont en communication directe, et la sonnerie d'appel S seule est en circuit pour donner le signal de la fin de la conversation. Quand on tourne la manette à droite, il y a communication au moyen de a, l, H entre la ligne L′ et l'appareil de la station intermédiaire, tandis que l'autre circuit se compose de L″, l' g' S g l''' et la terre. Lorsque on tourne la manette H à gauche, la ligne L″ est en communication avec l'appareil et L′ va à la terre par la sonnerie d'appel S.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV

BUREAUX CENTRAUX

SYSTÈME DU BRITISH POST OFFICE

124. — *Le Tableau commutateur* (*Switchboard*). — Le tableau commutateur est un appareil qui permet à chaque abonné du réseau téléphonique d'appeler le Bureau central et d'entrer en communication avec lui, et qui permet en outre à l'employé du Bureau central de relier entre eux les postes de deux abonnés quelconques de la manière la plus expéditive et la plus sûre. Pour remplir son premier objet, le tableau commutateur doit avoir pour chaque ligne un électro-aimant spécial, qui obéit à un courant lancé sur la ligne par le poste terminal de l'abonné et qui produit un signal, facilement perceptible à la vue et à l'ouïe.

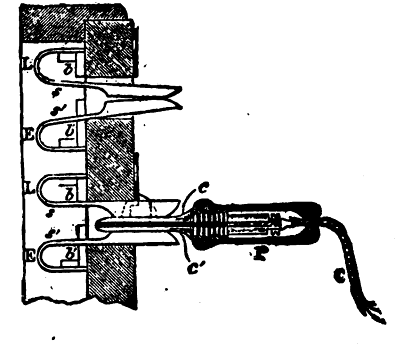


Fig. 140

La forme du tableau commutateur adopté par le British Post Office pour les bureaux centraux ordinaires est représentée par la figure 140, $\frac{1}{3}$ de grandeur naturelle.

Chaque trou du tableau renferme deux ressorts de laiton s s', fixés derrière un châssis en acajou, à travers lequel les extrémités épaissies des ressorts font saillie. Ces extrémités tendent à se rejoindre et assurent ainsi, dans leur état normal, un excellent contact élec-

Digitized by Google

trique. Les divers ressorts sont mis en relation entre eux au moyen de cordons flexibles *c*, munis à chacune de leurs extrémités d'une fiche P. Le cordon flexible renferme deux fils isolés, reliés aux deux revêtements latéraux en cuivre *c c'* de la fiche; lorsque celle-ci est enfoncée dans des trous du tableau, elle sépare les deux ressorts *ss'* et les deux faces *cc'* viennent intimement en contact avec eux. Sur la face supérieure *c* de la cheville, est fixée une pièce en laiton qui fait saillie et qui, pendant l'introduction de la cheville, glisse dans une rainure dont le ressort supérieur est muni. Cette saillie est disposée sur la fiche de façon que, si celle-ci est introduite entre les ressorts sens dessus dessous, les ressorts ne puissent pas la garder, mais la repoussent dehors; grâce à cette disposition, on est sûr que la fiche sera toujours introduite dans la position convenable. Un revêtement de corne, qui se visse sur la masse de la cheville, sert à la fois de poignée et d'enveloppe protectrice pour la jonction de la fiche et du cordon.

125. — *L'Indicateur*. — Au Bureau central, la ligne de chaque abonné aboutit à un indicateur ou annonciateur; celui-ci est

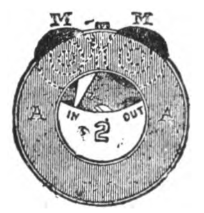


Fig. 141.

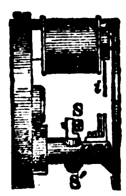


Fig. 142.

nécessaire pour permettre à l'employé de voir si la ligne est libre ou non, et à l'abonné d'attirer l'attention du Bureau central. La méthode en usage pour obtenir ce résultat forme un trait caractéristique de ce système. Les figures 141 et 142 donnent l'élévation de face et de côté de l'indicateur. Sur un disque de laiton qui forme la base de chaque indicateur, est monté un électro-aimant MM, ayant comme armature un anneau en fer doux AA; celui-ci pivote en *a* sur une petite colonne et tend en tombant à s'éloigner de MM : il tombe chaque fois qu'un courant cesse de traverser les bobines. L'anneau porte une petite plaque sur laquelle est

Digitized by Google

gravé le numéro ou le nom de l'abonné. Entre les bobines est disposé un petit pont, sur lequel pivote uue petite aiguille aimantée i, libre de se mouvoir entre les pôles; elle est déviée à droite ou à gauche, d'après le sens du courant dans la bobine, et reste suspendue verticalement quand il n'y a pas de courant ; elle sert donc à indiquer si la ligne est libre ou non. Sur le support, qui porte le guichet, se trouve une cheville isolée S, S′ sur laquelle s'appuie l'anneau, quand il n'est pas tenu soulevé par l'électro-aimant ; si donc une sonnerie et une pile sont mises en circuit avec la cheville S et la base de l'indicateur, la sonnerie résonnera aussi longtemps que le guichet restera abaissé : on peut donc, si on veut, servir de cette méthode pour attirer l'attention.

126. — *Fonctionnement d'un Bureau central ordinaire*. — La méthode ordinaire de relier les lignes des abonnés au Bureau central est indiquée par la figure 143.

On voit que la ligne A de chaque abonné passe par l'indicateur

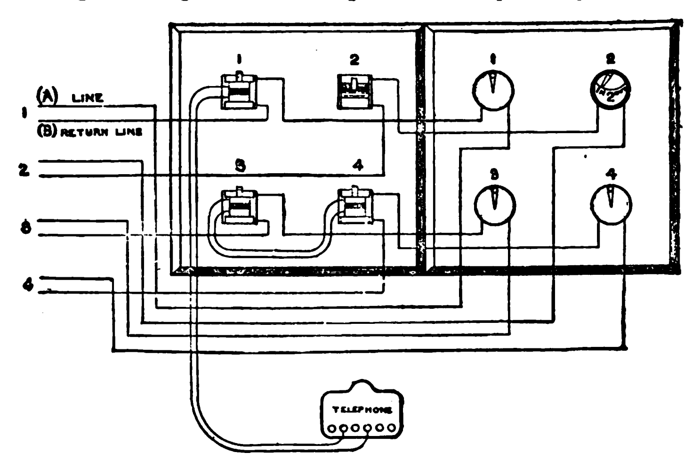


Fig. 143.

et aboutit au ressort supérieur du commutateur et la ligne de retour B directement au ressort inférieur. Dans le cas où il n'y a pas de ligne de retour B, cas qui se présente rarement dans le système du Post Office, les ressorts inférieurs sont reliés directement à la terre.

La simple inspection de la figure fera comprendre facilement

Digitized by Google

les diverses conditions qui peuvent se présenter pour les communications. On voit que l'abonné n° 1 est en communication avec le Bureau central lui-même. Il n'y a pas de courant sur la ligne, comme le prouve la position verticale de l'aiguille aimantée de l'indicateur. Une fiche a été introduite entre les ressorts du commutateur n° 1, qui sont reliés à un des téléphones du Bureau central par l'intermédiaire d'un cordon flexible représenté dans la figure par deux lignes parallèles.

La marche des courants ondulatoires transmettant la parole sera donc de la ligne A n° 1 à travers l'indicateur n° 1 au ressort supérieur, à travers le téléphone du Bureau et de retour à la ligne B n° 1, au moyen du ressort inférieur.

On voit aussi que l'abonné n° 2 est libre : les ressorts du commutateur sont serrés ensemble, le guichet de l'indicateur est levé et l'aiguille aimantée est déviée. Nous parlerons tout à l'heure du courant permanent que cette déviation de l'aiguille accuse.

Les abonnés n°s 3 et 4 sont représentés en communication mutuelle ; les courants ondulatoires transmettant la parole passent par les ressorts des deux commutateurs et par les deux indicateurs.

Nous décrirons maintenant en quelques mots les moyens par lesquels ces différentes conditions de communications sont réalisées.

On aura remarqué dans la description de l'indicateur (§ 125) que le seul moyen de maintenir le guichet ou plaque de l'indicateur est le passage d'un courant à travers les bobines. Comme nous l'avons dit alors, c'est là un trait caractéristique du système du British Post Office. Chaque abonné du Bureau central est muni d'un élément Daniell, qui est relié au téléphone de façon à lancer un courant sur les lignes du Bureau central aussi longtemps que les crochets commutateurs du téléphone restent abaissés — c'est-à-dire aussi longtemps que les cornets sont à l'état de repos ; ce courant passant par l'indicateur au Bureau central permet à l'électro-aimant de tenir le guichet ou anneau A dans une position verticale et de dévier l'aiguille aimantée. Lorsque l'abonné désire entrer en communication avec le Bureau central, il n'a qu'à décrocher les tubes téléphoniques de leur position de repos. Il interrompt ainsi le circuit du « courant permanent », le guichet de l'indica-

Digitized by Google

teur tombe, et attire l'attention de l'employé du Bureau central; celui-ci enfonce dans le trou du tableau, qui correspond au numéro de l'abonné, une fiche en relation avec l'un des téléphones du Bureau et s'informe de ce que l'abonné désire. Si celui-ci veut parler à un autre abonné (supposons que n° 3 veuille parler au n° 4), l'employé du Bureau central appelle l'abonné demandé et, en disant: « Votre poste est relié à celui du n° 3 » (*Through to* n° 3), il enfonce les fiches en 3 et 4, comme le représente la figure. Le Bureau pour appeler se sert d'une pile d'appel, d'une force électromotrice suffisante pour envoyer un courant de 40 milliampères à travers la ligne la plus longue de tout le réseau. Le courant permanent passe par les bobines d'un relais au poste de l'abonné et ce relais qui sert à actionner la sonnerie d'appel de l'abonné n'obéit pas au courant permanent seul (environ 20 milliampères); mais quand le courant permanent est renforcé du courant d'appel agissant dans le même sens, la résistance du relais est surmontée et l'appel est effectué.

Comme les courants permanents de toutes les lignes vont dans la même direction, si deux lignes, pour donner la communication, étaient reliées directement entre elles, A avec A et B avec B, les deux courants se neutraliseraient. Pour éviter cet inconvénient, on croise les cordons des fiches du commutateur, et le fil du cordon qui aboutit à la face supérieure de l'une des fiches est relié à la face inférieure de l'autre. C'est ce que montre la figure (n°s 3 et 4). Par ce moyen, lorsqu'à la fin d'une conversation les deux abonnés replacent leurs téléphones, les deux courants se combinent et en déviant les aiguilles aimantées des deux indicateurs, avertissent l'employé que la conversation est terminée. Celui-ci, en retirant les fiches, remet alors les lignes dans leur état normal.

127. — Outre les avantages principaux du système de courants permanents, tels que l'avertissement automatique au Bureau de la fin d'une conversation entre deux abonnés, un avantage secondaire se trouve dans le fait que le courant permanent constitue un essai continuel pour la ligne et accuse immédiatement une interruption, un contact ou toute autre faute qui s'y produiraient. Il trahit aussi l'abonné qui néglige de replacer son téléphone sur

Digitized by Google

les crochets commutateurs et prévient ainsi toute perte de temps dans l'appel.

Pour attirer l'attention d'un abonné qui aurait oublié les tubes, un « buzzer » est intercalé au Bureau central dans le circuit de la batterie d'appel. C'est une bobine d'induction lançant sur la ligne de l'abonné des courants intermittents rapides, qui, en agissant sur son téléphone récepteur, produisent un bourdonnement (buzzing) très intense et attirent ainsi l'attention.

128. — La disposition des divers appareils à un Bureau central a une influence considérable sur la rapidité et sur l'efficacité de

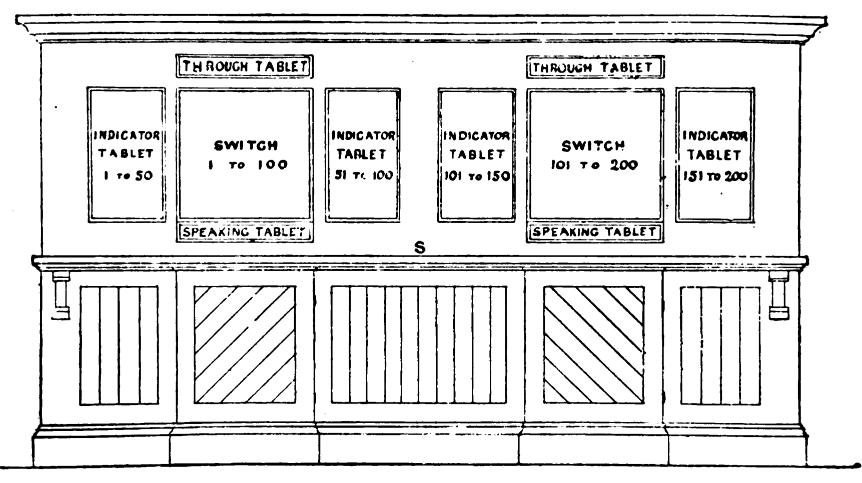


Fig. 144.

son fonctionnement ; il faut que les employés puissent voir d'un coup d'œil la condition de la ligne de chaque abonné et puissent contrôler facilement leurs différentes sections : autrement il se produira nécessairement une grande confusion et une perte de temps considérable. La figure 144 indique la disposition générale d'un Bureau central d'importance moyenne (de 100 à 300 abonnés) tel qu'il est organisé sous cette administration.

Deux employés sont attachés au service de chaque tableau commutateur de 100 abonnés et les indicateurs correspondants sont fixés en deux groupes sur des tablettes, une de chaque côté du tableau (*Indicator tablet*).

Digitized by Google

Chaque employé est muni d'un téléphone au moyen duquel il peut communiquer avec les abonnés et il y a d'autres téléphones qui sont employés pour envoyer ou recevoir des dépêches télégraphiques.

Ces téléphones sont en relation avec une tablette de conversation (*Speaking tablet*), fixée en dessous de chaque tableau commutateur avec deux boutons d'attache pour chaque instrument. A ces deux boutons est attaché un cordon flexible, qui passe par la table inclinée S du tableau, s'enroule autour d'une légère poulie, et après avoir traversé encore une fois la table, est relié à une fiche de commutateur. Chacun de ces téléphones peut aussi être placé en communication avec n'importe lequel des abonnés figurant sur le tableau; quand ils ne sont pas en usage, les cordons souples sont attirés en dessous de la table par le contrepoids des poulies et dégagent ainsi le tableau.

Quand il y a plus de 100 abonnés reliés à un Bureau central et qu'on est obligé de les distribuer sur plusieurs tableaux, on donne les communications par l'intermédiaire de « tablettes à conjoncteurs » (*Through tablets*) fixées au-dessus du tableau. Celles-ci ont des trous semblables à ceux d'un tableau commutateur ordinaire, reliées par groupes : c'est-à-dire A, B, C, par exemple, du premier tableau, reliés respectivement à A, B, C du second tableau; D, E, F du premier tableau à D, E, F du troisième et G, H, I du second à G, H, I du troisième. Ainsi, si l'abonné 58 désire parler à l'abonné 223, l'employé du premier tableau enfonce deux fiches dans les trous 58 et E par exemple, puis il dit à l'employé du troisième tableau de relier de la même manière E et 223.

129. — *Tableaux commutateurs spéciaux.* — On a trouvé que sur les lignes quelque peu considérables l'influence perturbatrice, causée par la self-induction, est un obstacle sérieux à l'efficacité du circuit, et c'est pourquoi on a adopté dans plusieurs bureaux la méthode de disposer les indicateurs en forme de pont (in bridge) sur le circuit (§ 119). De cette manière les deux indicateurs sont retirés complètement du circuit direct et placés en travers, comme le montre la figure 145. L'indicateur dans ce système est semblable à celui que nous avons déjà décrit, excepté que l'élec-

Digitized by Google

tro-aimant est plus long et entouré de fil à résistance élevée (1000 ohms). On donne aussi à chacune des bobines une enveloppe de fer pour augmenter leur inertie électro-magnétique. L'indicateur est mis en circuit entre les ressorts du commutateur, qui, pour cette raison, sont tenus séparés, comme le montre la figure 146, au moyen de petits bouchons en ébonite (non représentés) et qui servent ainsi uniquement à relier les lignes de différents circuits lorsque les fiches sont enfoncées.

Il a été également combiné, d'après ce système, un tableau commutateur multiple, d'un caractère spécial; mais comme nous parlerons du principe de cet appareil à propos d'autres administrations, il n'est pas nécessaire de le décrire ici.

Abonné N°1

Bureau central

201

Abonné N°201

Fig. 145.

130. — *Stations intermédiaires.* — Les exigences spéciales introduites par l'existence d'un poste intermédiaire sur un circuit ont été satisfaites de la manière suivante.

On a imaginé un commutateur spécial intermédiaire pour ces circuits. Le principe de sa construction est le même que celui représenté par les figures 126 et 127 et ne demande donc pas un exposé nouveau; la différence essentielle est que la manette ne peut occuper que deux positions « Down » et « Exchange », dont la dernière est la position normale. A la station intermédiaire, outre le commutateur et le téléphone, il y a un relais polarisé, avec une aiguille aimantée semblable à celle des indicateurs (§ 125) ; un relais non polarisé et une sonnerie trembleuse qui est actionnée par l'un des deux relais.

La figure 147 indique les liaisons, correspondant à la position « vers le Bureau central » (Exchange) ; les liaisons locales des relais et du circuit microphonique du téléphone ont été omises pour rendre la figure plus claire.

Dans la position normale, les deux relais, reliés en tension, sont disposés « en pont » en travers des deux lignes et un courant permanent est envoyé du poste extrême au Bureau central. Dans

Digitized by Google

cette position, les deux postes attirent l'attention du Bureau central, en appuyant à plusieurs reprises sur le bouton d'appel du téléphone. Cette manœuvre produit deux effets différents pour les deux postes : pour le poste extrême, elle interrompt et rétablit le courant permanent, et elle fait ainsi mouvoir rapidement l'aiguille de l'indicateur au Bureau central de gauche à la position verticale ; mais pour le poste intermédiaire, elle change d'abord le sens du courant permanent pour le rétablir ensuite, de sorte que l'aiguille oscille d'un côté à l'autre. L'employé du Bureau voit donc facilement de quel poste vient l'appel. Pour appeler la station intermédiaire, on enfonce la fiche à l'envers (elle est alors d'une construction spéciale) et on donne un coup de sonnette ; pour appeler le poste extrême, on introduit la fiche de la manière ordinaire, et comme les relais aux deux postes sont polarisés, la disposition est telle que le poste requis seul reçoit le signal d'appel. Pour appeler la station intermédiaire, le poste éloigné est pourvu d'un bouton d'appel spécial, disposé de manière à accroître l'intensité du courant permanent sans provoquer d'interruption, et à actionner ainsi le relais au poste intermédiaire sans déranger le Bureau central. Le poste extrême sonne deux coups pour appeler la station intermédiaire, le Bureau central ne sonne qu'un coup. La station intermédiaire pour appeler le poste extrême, ou pour répondre à son appel, doit d'abord placer son commutateur sur « Down », puis appuyer sur le bouton. En plaçant le commutateur sur « Down », on interrompt le courant permanent venant du Bureau central, et on fait ainsi tomber le guichet de l'indicateur ; le fonctionnement n'en est cependant pas affecté ; l'aiguille de l'indicateur, en effet, est dans sa position verticale, et il est convenu que si à l'un ou à l'autre des deux postes ou au Bureau central l'aiguille est dans cette position, c'est un signe que la ligne est occupée ; par suite, toutes les conditions de fonctionnement sont aussi simples et

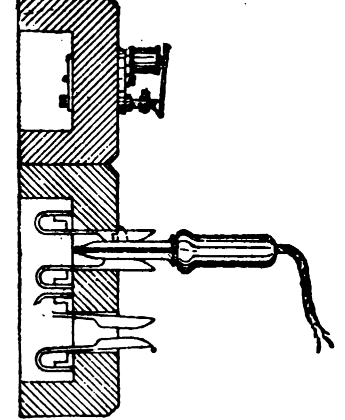


Fig. 146.

Digitized by Google

aussi nettement déterminées sur un circuit intermédiaire que sur un circuit ordinaire. La figure 148 indique les liaisons intérieures du commutateur dans la position « Down ».

131. — *Lignes interurbaines* (Trunk wires). — Quand plusieurs villes voisines ont toutes des bureaux centraux, il est souvent avan-

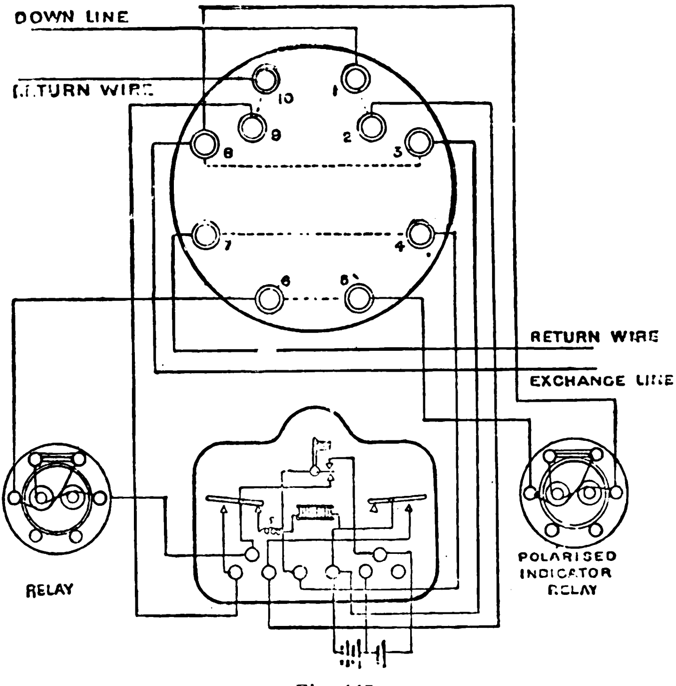


Fig. 147.

tageux de les relier entre eux, de façon à permettre aux abonnés d'une ville de communiquer avec ceux des autres. On obtient ce

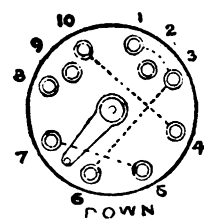


Fig. 148.

résultat au moyen de *lignes interurbaines* (*trunk lines*) qui relient les différents bureaux centraux. Pour donner un exemple, les bureaux centraux de Newcastle-sur-Tyne, South Shields, Sunderland, les deux Hartlepool, Stockton et Middlesborough sont reliés de cette manière, et les abonnés de n'importe laquelle de ces villes peuvent se mettre en rapport avec ceux des autres bureaux. Naturellement, le nombre de fils interurbains est limité, de sorte qu'il est égale-

Digitized by Google

ment nécessaire de limiter la durée de leur usage pour chaque commuuication. On accorde d'ordinaire trois minutes, et s'il y a d'autres abonnés qui attendent, au bout de ces trois minutes on interrompt les communications, après en avoir averti les abonnés. Si cependant la ligne n'est pas demandée, la conversation peut continuer.

132. — Au point de vue de l'exploitation, il y a quelques points à signaler.

L'expérience de presque tous les bureaux centraux prouve qu'il est préférable de se servir de chiffres que de noms pour désigner et appeler les abonnés. Les chiffres prêtent moins aux méprises, et quand il s'en produit, on peut les réparer plus facilement; en outre, les chiffres sont plus courts.

On facilite beaucoup les permutations en plaçant aussi près que possible les uns des autres les abonnés qui correspondent souvent entre eux. Les indicateurs de deux ou plusieurs lignes employées par les mêmes abonnés doivent être disposés l'un à côté de l'autre.

Dans les localités, où des messages télégraphiques ou autres sont expédiés ou reçus par téléphone, toute la dépêche doit invariablement être retournée de vive voix à la station d'où elle vient.

Les chiffres et les noms doivent être non seulement prononcés, mais aussi épelés ; comme ceci : *v-i-n-g-t*—vingt, *q-u-a-t-r-e* — quatre : vingt-quatre.

Mais il ne suffit pas toujours d'épeler, la confusion que l'on peut faire entre certaines lettres peut donner lieu à des erreurs — les lettres *b* et *p*, par exemple, *d* et *t*, *m* et *n* peuvent facilement être prises l'une pour l'autre. On tourne cette difficulté en donnant des mots entiers au lieu des lettres douteuses, par exemple, Paris pour *p*, Thomas pour *t*, Newcastle pour *n*, etc.

On remarquera que la plaque de l'indicateur qui porte le numéro de l'abonné, porte aussi l'inscription *in* et *out* (ligne *libre*, ligne *occupée*) et que l'aiguille aimantée se trouve généralement sur *in*. Quelques abonnés sont pourvus d'un commutateur au moyen duquel ils peuvent changer le sens du courant permanent et mettre ainsi l'aiguille de leur indicateur au Bureau central sur *in* ou sur

Digitized by Google

out, à volonté. L'expérience montre que ces commutateurs sont très sujets à être laissés sur *out* et à induire ainsi les employés du Bureau central en erreur. C'est pourquoi on n'encourage pas beaucoup leur emploi.

Ordinairement les employés sont de service au Bureau téléphonique aussi longtemps que le bureau télégraphique dont le dernier forme une annexe est ouvert ; mais, en dehors des heures généralement données aux affaires, les appels sont d'ordinaire si rares que l'on permet aux employés de se retirer. C'est pourquoi on a fourni aux abonnés un moyen d'attirer l'attention au moyen du circuit local de l'indicateur. Celui-ci est mis en circuit avec une pile et une sonnerie trembleuse établie dans la salle des instruments et quand la plaque d'un indicateur tombe, le circuit de la sonnette de nuit se ferme au moyen du contact isolé S′ (fig. 142) et la sonnerie marche jusqu'à ce que l'employé réponde à l'appel. Naturellement ce circuit est ouvert aussi longtemps que les employés du tableau sont de service.

On a constaté que la durée moyenne des communications des abonnés est de trois minutes à peu près ; on n'a pas jugé nécessaire ni à propos de limiter la durée du temps disponible ; cependant, quand les fils ont été occupés pendant très longtemps, l'employé du Bureau peut attirer poliment l'attention sur le fait.

Une attention régulière et prompte à chaque appel doit être un des traits caractéristiques des Bureaux centraux ; au British Post Office, on tient strictement à ce point. On n'y permet à aucun employé d'être chargé de plus de 50 abonnés ; la seule fonction d'un employé pareil est de veiller aux exigences des communications mutuelles de ces abonnés ; d'autres employés spéciaux sont chargés de transmettre et de recevoir les dépêches.

On ne néglige aucun moyen de fermer l'accès des Bureaux téléphoniques aux bruits perturbateurs qui tendraient à rendre les communications entre les employés et les abonnés plus difficiles et moins sûres. Dans ce but, les planchers sont couverts de tapis et on ne tolère pas des conversations ordinaires.

L'essai des cordons flexibles des commutateurs est un point qui ne doit pas être négligé. On doit essayer chaque cordon au moins une ou deux fois par jour. Avec le système du courant

Digitized by Google

permanent on fait cela très facilement, en reliant simplement deux lignes libres. Si le cordon est en règle, les aiguilles de l'indicateur resteront déviées comme à l'ordinaire, tandis que si le cordon a une solution de continuité électrique à un point quelconque, les aiguilles prendront une position verticale. En retournant maintenant l'une des fiches, les courants sont opposés et doivent se neutraliser mutuellement. S'ils ne le font pas, c'est un signe qu'il y a une faute dans le cordon. Dans le système du circuit ouvert, on se sert pour essayer le cordon, d'un galvanomètre avec deux trous de commutateur supplémentaires et une pile.

Pour faciliter la réception exacte des dépêches, les employés attachés à ce service sont assis dans de petites guérites de construction spéciale, qui sont pratiquement impénétrables au son. Après une série d'expériences, le British Post Office a réussi à obtenir les résultats cherchés au moyen de la disposion suivante :

La guérite ordinaire occupe une superficie d'environ 3 pieds carrés ; elle a huit pieds de haut et est surmontée d'un toit pyramidal. Sa construction consiste essentiellement en une charpente en bois, aussi légère que le permettent les conditions nécessaires de résistance ; un des côtés est constitué par la porte et à l'intérieur il y a place pour un siège et pour le téléphone. On complète les parois de la manière suivante : d'abord chaque intervalle entre les membrures est rempli de 5 livres de plomb laminé, fixé du côté intérieur, environ au tiers de l'épaisseur de la membrure (qui est de 5 centimètres) ; sur la face extérieure de cette paroi on dispose une couche et sur la face intérieure deux couches de feutre de poils de daim. Le tout est ensuite couvert à l'intérieur et à l'extérieur de toile de Hesse qu'on garnit pour finir d'une couverture de cuir. A l'intérieur de cette construction relativement légère, les bruits extérieurs même intenses peuvent à peine être entendus.

Dans la plupart des Bureaux centraux, il y a dans la partie réservée au public un cabinet silencieux dont on permet aux abonnés de se servir, pour communiquer avec leurs propres postes ou avec d'autres abonnés.

Digitized by Google

CHAPITRE XV

BUREAUX CENTRAUX

SYSTÈME ALLEMAND

133. — Le fonctionnement des Bureaux centraux diffère d'après les pays et les localités ; pour les points essentiels cependant, il diffère seulement d'après que l'on adopte l'un ou l'autre des deux principes suivants.

D'après la première méthode, l'abonné X qui désire entrer en conversation avec l'abonné Y appelle d'abord le Bureau central ; après avoir reçu une réponse, il donne à l'employé le numéro de Y. L'employé alors appelle Y et c'est seulement lorsque Y a répondu que l'employé établit la liaison entre les deux abonnés.

D'après la seconde méthode, l'abonné X indique également à l'employé le numéro de Y ; mais l'employé se contente de constater si la ligne de Y est libre et établit immédiatement la liaison entre les lignes des deux abonnés ; l'appel, aussi bien que toute communication ultérieure, sont laissés à l'abonné qui a donné l'appel.

Dans les deux cas, l'appelant X informe le Bureau central de la fin de la conversation au moyen d'un appel particulier (*clearing-out signal*).

Immédiatement après, la communication entre les abonnés est coupée et les lignes retournent à leur condition normale.

La première méthode était généralement employée dans les premiers Bureaux centraux et on la trouve encore beaucoup en usage ; elle présente l'avantage qu'au Bureau central, on peut employer le même signal, sans danger de méprise, aussi bien

Digitized by Google

pour l'appel que pour la fin de la conversation. D'un autre côté, ce système demande un personnel plus nombreux et les frais d'exploitation sont plus élevés en proportion. On voit à l'instant, d'après ces remarques, quels sont les avantages et les inconvénients de la seconde méthode. Le choix entre les deux dépendra de l'importance plus grande que l'on attachera soit à l'économie du système, soit à la sûreté de son fonctionnement.

Dans les premiers temps de la téléphonie, chaque ligne qui venait aboutir au Bureau avait son appel, mais à côté de ces indicateurs, il existait un certain nombre d'appareils particuliers (*clearing out*

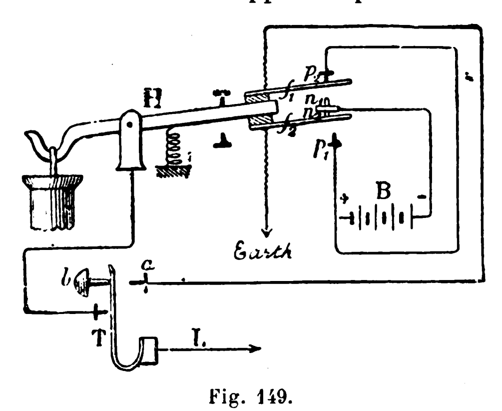


Fig. 149.

relays) destinés à indiquer la fin des conversations. Le nombre de ces appareils peut être limité quand les dépêches téléphoniques ne sont pas très nombreuses ; mais d'un autre côté, dans les endroits où les communications téléphoniques sont très fréquentes leur nombre ne tarde pas à augmenter considérablement. Il est donc très important de trouver un moyen pour distinguer sûrement le signal d'appel du signal de fin de conversation, quand les deux signaux sont donnés par un seul et même appareil. C'est ce qu'on obtient dans les Bureaux centraux d'Allemagne de la manière suivante. Deux ressorts très souples f_1 et f_2 (fig. 149) sont en rapport avec le crochet commutateur H auquel l'abonné suspend son téléphone ; les ressorts sont isolés du levier et également entre eux. L'un de ces ressorts est relié à la terre et l'autre au contact *a* d'un bouton d'appel T. Lorsque le téléphone est suspendu, c'est-à-dire, quand l'appareil est au repos, le res-

Digitized by Google

sort f_2 appuie sur la vis de contact n_2 et le ressort f_1 sur la vis p_2 ; en décrochant le téléphone, on amène les ressorts f_1 et f_2 respectivement en contact avec n_1 et p_1. Les vis p_1 et p_2 sont en relation avec le pôle positif et n_1 et n_2 avec le pôle négatif de la pile B; en appuyant sur la clef T, on lancera donc un courant positif sur la ligne, pourvu que le téléphone soit suspendu. Si au contraire le téléphone est décroché, il passera un courant négatif. L'indicateur au Bureau central est disposé de façon à n'obéir qu'à un courant positif du poste de l'abonné.

Voici donc la série des opérations :

L'abonné appuie sur le bouton T : un courant positif passe par la ligne au Bureau central et y fait marcher la sonnerie d'appel. L'abonné alors décroche son téléphone pour donner ses instructions au Bureau central. En recevant de ce dernier la réponse que la liaison demandée est établie, il appuie de nouveau sur le bouton de sa clef, cette fois-ci pour appeler son correspondant, et en gardant tout le temps son téléphone à la main. Un courant négatif est ainsi lancé sur la ligne et fait marcher la sonnerie d'appel de l'abonné demandé, sans toutefois actionner l'indicateur polarisé du Bureau central. Dès que la conversation est terminée, l'abonné suspend de nouveau son téléphone au crochet, et presse le bouton afin de donner le signal de la fin de la conversation. Un courant positif passe maintenant dans la ligne, actionne l'indicateur à la station centrale et informe ainsi l'employé, sans le moindre danger de méprise, de la fin de la conversation.

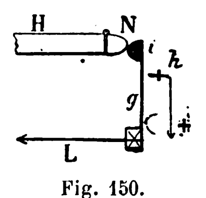


Fig. 150.

Il arrive souvent que l'abonné pressé oublie de donner le signal final. Pour éviter tout dérangement qu'une telle négligence pourrait occasionner, le crochet de suspension est muni d'un mécanisme au moyen duquel, quand on suspend le téléphone, le signal de fin se donne automatiquement. Il consiste en une saillie mobile N (fig. 150) fixée sur le levier commutateur H et qui, lorsqu'on décroche le téléphone, passe librement devant le taquet isolé i, fixé à l'xtrémité libre du ressort g. Quand on accroche le téléphone, au contraire, la saillie N, ramenée en haut avec le levier, pousse le ressort g qui est en relation avec la ligne, contre la vis de con-

Digitized by Google

tact h, reliée au pôle positif de la pile. Afin de maintenir le pôle négatif de la pile à la terre pendant le mouvement de la saillie N et des ressorts f_1 et f_2, on peut adopter une disposition, indiquée par la figure 151. Un second ressort g_1 relié à la terre et semblable à g, est poussé par la saillie N contre un bouton h_1 relié au pôle

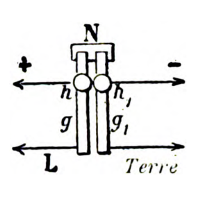


Fig. 151.

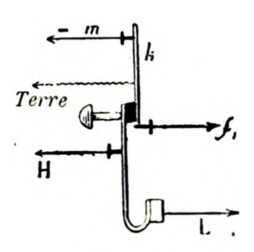


Fig. 152.

négatif d'une pile. Ou encore un ressort k, relié à la terre (fig. 152), est mis en relation avec la clef de façon qu'en appuyant sur celle-ci on interrompe la communication entre le ressort et la vis de contact m. Cette dernière vis est reliée au pôle négatif de la pile.

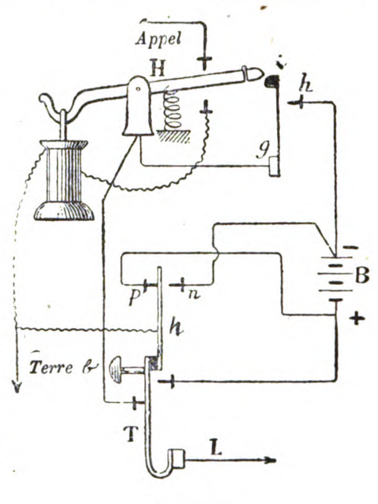


Fig. 153.

Cette disposition automatique permet de simplifier considérablement le fonctionnement, en introduisant une modification de la solution primitive, à savoir l'emploi de courants de même sens pour appeler aussi bien le Bureau central que le poste du correspondant et l'emploi d'un courant de sens opposé pour le signal de la fin de la conversation. La figure 153 indique les liaisons modifiées. Dans sa position normale, le ressort isolé k, qui est relié à la terre d'une manière permanente, appuie contre un contact p, qui est en relation avec le pôle positif, tandis qu'en abaissant la clef on le fait aller contre une vis de contact n, reliée au pôle négatif. Le crochet de suspension H est pourvu d'une pièce mobile qui, au moment où on suspend le téléphone, pousse le res-

Digitized by Google

sort *g* contre la vis de contact *h*. La ligne L, au moyen du ressort *g*, et les supports du levier H sont ainsi mis en communication avec le pôle négatif de la pile B. Comme on peut le voir sur la figure, en appuyant sur la clef, on lance un courant positif sur la ligne,

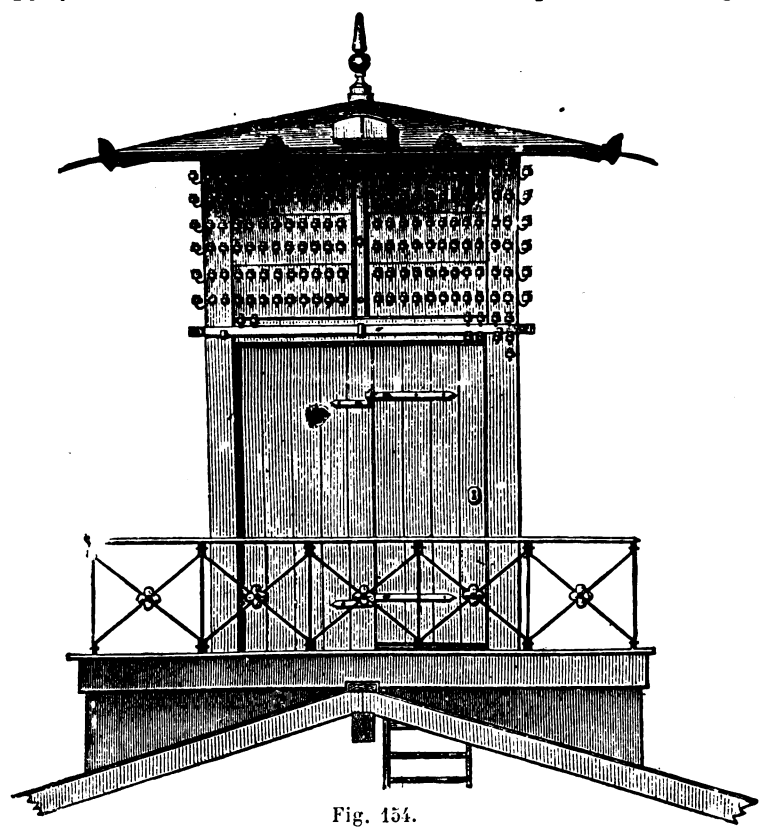


Fig. 154.

quelle que soit la position du levier H; en suspendant le téléphone toutefois, on pousse le ressort *g* contre la vis *h* et on lance sur la ligne un courant négatif.

Le premier courant fait tomber la plaque de l'indicateur au Bureau central, ou, ce qui est même préférable, fait apparaître un disque portant le numéro de l'abonné qui appelle; le dernier courant ramène le disque à sa position première.

La raison pour laquelle le disque-signal est préférable à la plaque de l'annonciateur est qu'il ne demande pas un courant aussi énergique.

Digitized by Google

134. — Après avoir montré la sécurité presque absolue que l'on obtient dans la transmission et dans la réception des signaux, nous allons décrire les traits caractéristiques d'un bureau central, tel qu'il fonctionne dans le système de l'Administration des Postes de Berlin.

Les fils de ligne sont amenés à une tourelle en bois (fig. 154) qui surmonte le toit du Bureau central, et les poteaux portant les fils viennent se grouper tout autour en forme de carré ou d'octogone. La tourelle en plan occupe une superficie de 2,20 mètres carrés et s'élève à environ 4 mètres au-dessus de la plate-forme. Dans le toit sont percés deux abat-jour et il y a une porte dans l'une des faces de côté. La partie supérieure de la tourelle est munie sur les quatre faces de petits isolateurs pour 500 à 600 fils de ligne. Le fil nu se termine aux isolateurs, et des câbles composés de quatre fils et couverts de plomb conduisent de là aux tableaux commutateurs.

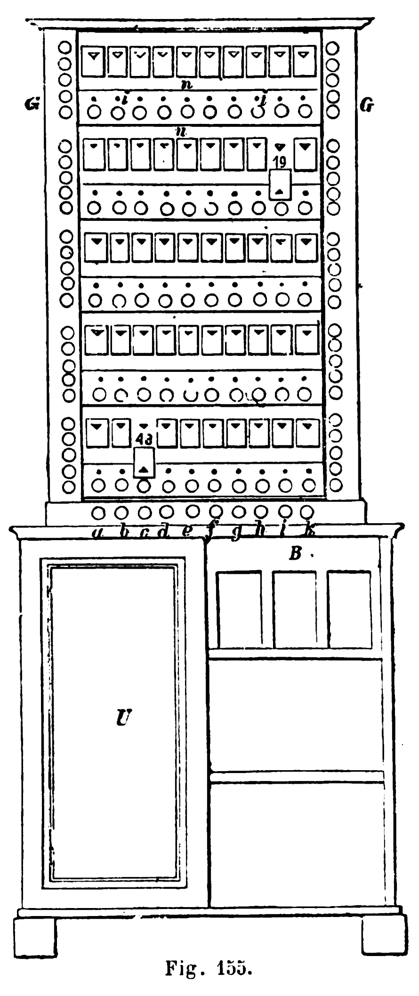


Fig. 155.

135. — La figure 155 donne une vue de face d'un tableau commutateur allemand pour 50 abonnés. Il porte 50 commutateurs avec des annonciateurs, construits comme l'indique la figure 156 et disposés en cinq rangées horizontales de 10 chacune.

L'annonciateur, que la figure 156 représente de face, en plan et en coupe longitudinale, se compose d'un électro-aimant E (nombre de tours 3.500, ohms 150) muni d'une armature *a*, qui tient levé

Digitized by Google

un volet K mobile autour du point *c* et le déclanche lorsque l'abonné appelle. Le volet qui tombe avec le secours additionnel d'une lame de ressort *d*, repose alors contre la petite goupille de laiton *w*, et ferme ainsi le circuit local d'une sonnerie d'appel.

La disposition du commutateur pour établir les liaisons, est représentée en N sur la droite de la figure ; elle se compose de

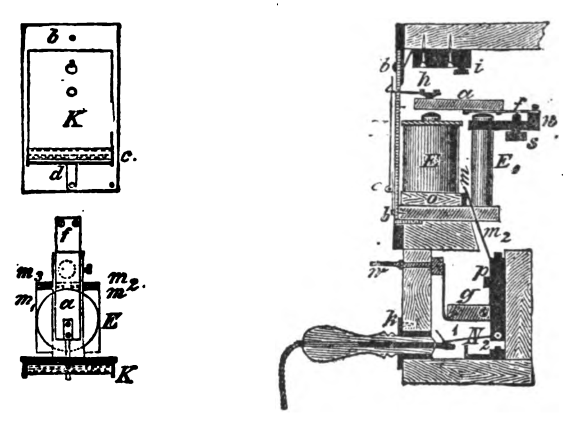


Fig. 156.

deux pièces angulaires de laiton, dont l'inférieure 2 est fixée au bois du tableau, tandis que la supérieure 1 est mobile autour d'une charnière et reliée à la plaque de laiton *p*. Un ressort en spirale, attaché à cette charnière, presse 1 contre 2 qui est en communication avec la terre. Immédiatement en face des ressorts de commutateurs se trouve une ouverture *k*, dont les parois sont revêtues de laiton, pour recevoir la cheville de liaison. Dans la position normale, un courant, arrivant de la ligne de l'abonné, passe par m_3 et m_1, puis par l'électro-aimant E à m, m_2, p, 1 et 2, et de là à la terre; l'armature *a* est attirée et le petit crochet *h* déclenche le volet.

136. — Pour établir les liaisons, on se sert d'un cordon souple, composé d'un grand nombre de fils minces de cuivre, couverts de laine ou de soie. Les cordons qui servent à joindre deux lignes d'abonnés, portent une fiche à chaque bout ; si le cordon ne doit servir qu'à joindre une ligne ou une autre à un appareil téléphonique, l'une de ses extrémités reçoit, au lieu d'une fiche, un simple

Digitized by Google

fil de cuivre. La fiche (fig. 157) peut entrer dans le trou du commutateur k jusqu'à l'épaulement *b*. La tige de laiton *a*, d'uneépaisseur de 4 millimètres et munie d'une pointe aiguë est en rapport métallique avec le cordon flexible et aussi, par l'intermédiaire d'une vis, avec un anneau en laiton qui entoure la poignée en *b*. Une fois que la cheville est introduite, la pointe *a* soulève la partie supérieure 1 du ressort du commutateur N et interrompt sa communication avec la terre, la pointe elle-même cependant reste en communication avec 1 et relie ainsi 1 à l'appareil ou à un second annonciateur par l'intermédiaire du cordon souple

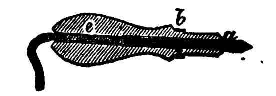


Fig. 157.

137. — Si le nombre des abonnés d'un Bureau central n'est pas très grand, ne dépasse pas la centaine, par exemple, on peut établir

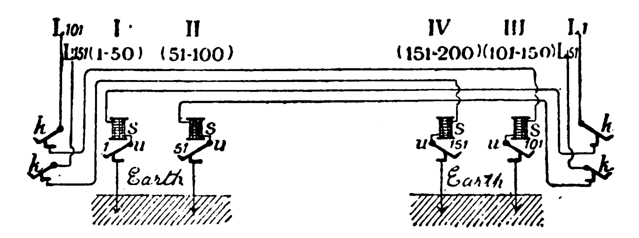


Fig. 158.

la liaison entre deux abonnés quelconques sans aucune difficulté. Les deux tableaux commutateurs, chacun de 50 abonnés, peuvent être disposés de manière que les deux ressorts de commutateurs, même les plus éloignés, puissent être reliés par un cordon souple.

Si le nombre des abonnés ne dépasse pas 200, on peut établir les liaisons avec tout autant de simplicité en employant, outre les quatre tableaux portant le nombre requis d'indicateurs et de trous, des commutateurs supplémentaires. La figure 158 représente la disposition d'un Bureau central pareil, installé à Berlin par l'Administration des Postes d'Allemagne. Les quatre tableaux de 50 abonnés chacun sont disposés par paires en deux groupes, placés de façon qu'une liaison directe des lignes aboutissant à chaque groupe de

Digitized by Google

tableaux peut être effectuée facilement au moyen de cordons souples.

Le long des tableaux commutateurs I et II, qui portent les indicateurs S, avec les ressorts de commutateurs *u* pour la liaison des numéros 1-50 et des numéros 51-100, sont disposés des commutateurs spéciaux *k* ayant 50 trous chacun. Des commutateurs supplémentaires semblables sont disposés tout près de l'autre groupe de tableaux III et IV.

On verra sur la figure que les fils des abonnés aboutissant à un groupe de tableaux vont d'abord aux commutateurs *k* du second groupe et de là par leurs propres commutateurs, aux électro-aimants des indicateurs. Avec cette disposition on peut effectuer facilement la liaison de deux lignes quelconques ; avant d'établir la liaison, l'employé a seulement à s'assurer que la ligne demandée, aboutissant à un autre groupe dont il n'est pas chargé, n'est déjà pas occupée ailleurs : il peut le constater sans perte de temps, pourvu que les tableaux commutateurs soient disposés convenablement.

138. — Il en est autrement, si le nombre des abonnés dépasse deux cents. Dans ce cas, l'employé qui doit s'assurer si la ligne demandée, aboutissant au groupe de tableaux d'un autre employé, est libre, doit crier d'un bout de la salle à l'autre et doit en outre quitter sa place pour établir la liaison demandée. Or, pendant qu'il est parti, il peut se produire un autre appel et par suite, pendant son absence momentanée, un autre employé doit prendre sa place. Les inconvénients de ce système sont donc une confusion et un bruit inévitables, qui doivent nécessairement mettre obstacle à un fonctionnement efficace et satisfaisant ; en outre, les frais sont plus considérables parce qu'on a besoin d'un personnel plus nombreux.

Une autre solution serait de distribuer un grand nombre de bureaux dans les différentes parties de la ville. Mais elle ne répondrait au but que si tous les abonnés, qui correspondent le plus souvent ensemble, appartenaient au même bureau. De plus, une multiplication pareille de bureaux augmenterait dans des proportions énormes les frais de premier établissement et d'exploitation,

Digitized by Google

le taux de l'abonnement devrait être augmenté en conséquence et les exploitants ne feraient pas leurs frais.

La seule solution pratique de toutes ces difficultés a été trouvée dans l'usage des tableaux commutateurs multiples dont nous parlerons dans un des chapitres suivants.

Digitized by Google

CHAPITRE XVI

BUREAUX CENTRAUX

SYSTÈME FRANÇAIS

139. — En France, le téléphone est exploité par la Société Générale des Téléphones, à laquelle l'Etat a accordé en 1879 une concession de cinq ans. Cette concession expira le 8 septembre 1885 et fut renouvelée à la même société pour une période égale et aux mêmes conditions. La compagnie, en échange de ces droits, paie à l'Etat une redevance qui monte à 10 p. 100 de ses recettes brutes et une somme égale au conseil municipal de Paris en échange du droit de poser ses câbles dans les égouts de la ville. Cette concession ne constitue pas un monopole pour la compagnie et l'Etat s'est réservé le droit de racheter toute l'exploitation à n'importe quel temps écoulé de la concession et à un prix qui sera fixé par des experts. Ces conditions sont certainement loin d'être favorables au développement de la téléphonie en France. En fait, toute l'exploitation est aujourd'hui divisée entre l'Etat et la compagnie, dans les mêmes conditions qu'elle l'est en Angleterre entre le Post Office et différentes compagnies. En 1887, la Société exploitait onze réseaux desservant 7,293 abonnés et l'Etat en possédait vingt-sept avec 1,873 abonnés [1].

Le taux des abonnements, fixé par l'Etat, est de 200 francs, en dedans des limites de la ville, et est augmenté de 5 francs pour chaque distance additionnelle de 200 mètres. L'abonné doit lui-même faire les frais de sa ligne et de son instrument. Il n'y a pas de service de nuit.

[1] *Revue Scientifique*, 29 mars 1890, p. 399.

Digitized by Google

A Paris, l'abonnement fixé par la compagnie est de 600 francs pour un circuit, 1.100 francs pour deux et 1.500 francs pour trois circuits. Dans les autres villes, l'abonnement est de 400 francs pour un seul circuit [1].

SYSTÈME DU BUREAU CENTRAL A PARIS

140. — Pour éviter les perturbations dues à l'induction téléphonique, tout le réseau de Paris a été dès le principe, tout comme le système du Post Office en Angleterre, installé avec des fils réunis en câbles et il ne comprend que des circuits métalliques complets. Les câbles sont disposés dans les égouts de la ville ; comme Paris possède le système d'égouts le plus complet qui existe, l'adoption d'un système entièrement souterrain a été rendue beaucoup plus facile.

La pose des câbles n'est pas effectuée par la Société, mais elle est confiée à l'Administration des Télégraphes de l'Etat ; comme tous les câbles télégraphiques de l'Etat sont également placés dans les égouts de la ville, l'expérience de l'administration télégraphique dans la pose des câbles a été d'un grand secours à la compagnie des téléphones.

Celle-ci doit rembourser l'Etat de la dépense totale occasionnée par la pose des câbles téléphoniques dans les égouts et cette dépense est augmentée de 5 p. 100 pour frais généraux.

Pour chaque abonné, la compagnie doit fournir à l'Administration des Télégraphes un plan des égouts que les câbles doivent suivre avec l'indication de l'emplacement de l'immeuble.

Les câbles sont suspendus dans des crochets, scellés dans les pierres, aux voûtes des égouts. Chaque câble renferme 14 conducteurs, formant 7 circuits métalliques. Chaque conducteur se

[1] Depuis le 1er septembre 1889, l'Etat s'est substitué à la Société générale des Téléphones. A Paris, le prix de l'abonnement annuel a baissé de 600 à 400 fr.

Il est abaissé de 400 à 300 fr. dans les deux ou trois villes où il existe un réseau souterrain. Dans les autres villes, le prix de l'abonnement est fixé à 200 fr. au lieu de 400 francs, à charge par l'abonné de payer une part contributive, une fois pour toutes, dans l'établissement de la ligne.

Dans les villes où l'abonnement n'est que de 200 francs, l'abonné doit, en outre, verser une somme de 15 francs par 100 mètres ou fractions de 100 mètres de fil simple, comme part dans les frais de premier établissement.

Digitized by Google

compose de trois fils de cuivre entrelacés et couverts d'une couche de gutta-percha et d'un guipage de coton coloré. La résistance électrique des conducteurs est d'environ 48 ohms par mille. Les conducteurs sont de 7 couleurs différentes, blanc, bleu, jaune, marron, rouge, noir et vert. Les deux conducteurs de la même couleur, qui servent à un seul abonné, sont légèrement tordus ensemble ; de même ensuite les sept couples, de manière à former un câble qui est ensuite couvert d'un ruban en forte toile et introduit dans un tuyau de plomb. Le double tors élimine tous les effets de l'induction mutuelle (§ 83). Chaque câble est numéroté sur toute sa longueur et il est facile par conséquent de trouver un câble quelconque, quand il est nécessaire de faire des réparations ou de changer des liaisons.

141. — Les câbles partent du Bureau central et on les arrête aussi près que possible des habitations d'un groupe de sept abonnés (ou moins). On arrive à ces derniers au moyen de petits câbles individuels, composés de deux conducteurs et raccordés au câble principal au moyen d'un joint protégé par une couverture de plomb. Les conducteurs, qui ne sont pas utilisés dans le câble de 14 conducteurs, restent sans connexion.

Dans les égouts, où les fabriques ont la permission d'écouler l'eau chaude provenant de la condensation de la vapeur, les câbles doivent être isolés avec du caoutchouc au lieu de gutta-percha.

On amène très facilement le câble individuel dans la maison de l'abonné. Presque chaque maison à Paris a son petit égoût d'embranchement particulier, qui prend naissance sur le côté de la maison elle-même et se termine à l'égout proprement dit.

Tous les égouts à Paris, à l'exception des collecteurs principaux, se trouvent disposés sous les trottoirs. Les collecteurs se trouvent en général sous la voie ; ce sont en réalité comme de petites rivières dans lesquelles débouchent tous les égouts.

De l'extrémité du câble à 14 conducteurs, on amène le câble individuel, suspendu à des crochets, jusque dans l'égout particulier. Pour le conduire au dehors, on creuse une ouverture tout près de la façade de la maison et juste au-dessus de l'égout parti-

Digitized by Google

culier ; dans ce trou on introduit verticalement un tuyau à gaz et le petit câble est conduit le long de la façade de la maison jusqu'à ce qu'il atteigne le châssis de la fenêtre de la chambre où l'appareil doit être installé. La figure 159 indique la manière dont on relie le câble individuel avec les fils intérieurs.

Il arrive quelquefois qu'un abonné habite dans une rue où il n'y a pas d'égout. Dans ce cas, on amène le petit câble, en suivant les égouts existants, le plus près possible de la maison de l'abonné, puis de l'égout particulier d'une maison située en cet endroit, on le conduit le long de la façade, jusque sur le toit ; enfin, sur de petits poteaux fixés sur les toits on pose deux fils aériens qui forment jusqu'à la maison de l'abonné le prolongement du câble souterrain.

A Paris, il n'y a que 64 kilomètres environ de fils aériens

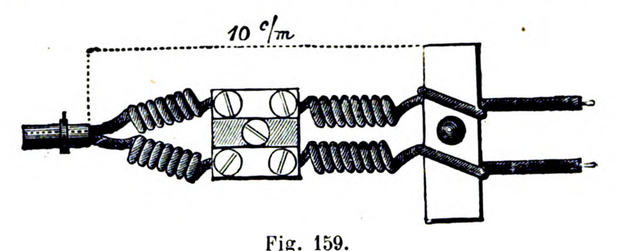


Fig. 159.

(circuits métalliques) en regard de 7.200 kilomètres de câbles souterrains (circuits métalliques également).

142. — Le système à fil simple, avec la terre comme retour, n'est employé que dans les villes de province où la plupart des lignes sont aussi aériennes.

Les résultats de l'emploi des circuits métalliques dans le système souterrain de Paris sont très satisfaisants, tout comme en Angleterre. Les lignes sont entièrement libres d'induction télégraphique ou téléphonique.

Dans les égouts où il y a des câbles télégraphiques, les câbles téléphoniques sont généralement placés du côté opposé. Jusqu'ici, le conseil municipal a refusé l'autorisation de poser dans les égouts de la ville des câbles devant servir à la lumière électrique.

Toute la ville a été divisée en 12 districts téléphoniques, ayant

Digitized by Google

chacun son Bureau central, auquel les abonnés qui habitent dans les limites du district sont reliés.

Le nombre total des abonnés à Paris en octobre 1888 était de 5.792, distribués parmi les douze Bureaux. Ces douze Bureaux centraux sont reliés ensemble par 424 lignes auxiliaires, la plupart desquelles convergent au Bureau central de l'Avenue de l'Opéra et y aboutissent à un tableau commutateur spécial. Ce tableau est nécessaire pour distribuer les lignes auxiliaires entre les différents Bureaux, d'après le nombre des liaisons demandées entre elles, et aussi pour permettre de faire en un seul point central les essais de toutes les lignes auxiliaires et de toutes les lignes des abonnés. A cet effet, un galvanomètre Thomson, avec tous ses accessoires, est établi dans un laboratoire, tout près de ce tableau commuta-

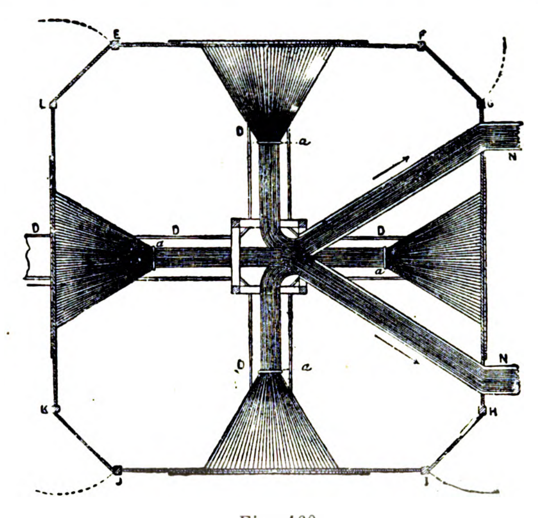


Fig. 160.

teur. Un électricien est spécialement chargé d'essayer les câbles de tout le réseau, de manière à localiser les fautes et à permettre de faire les réparations.

La longueur totale des lignes auxiliaires est de 1.920 kilomètres de circuits métalliques.

Tous les Bureaux centraux sont construits sur le même plan. Nous décrirons seulement le Bureau central A, n° 27, Avenue de l'Opéra, qui est un des plus grands.

Digitized by Google

143. — Les câbles, qui relient les abonnés au Bureau central, entrent par un embranchement court et large de l'égout principal qui longe l'Avenue de l'Opéra sous les trottoirs, et ils débouchent au niveau même du sous-sol du Bureau central.

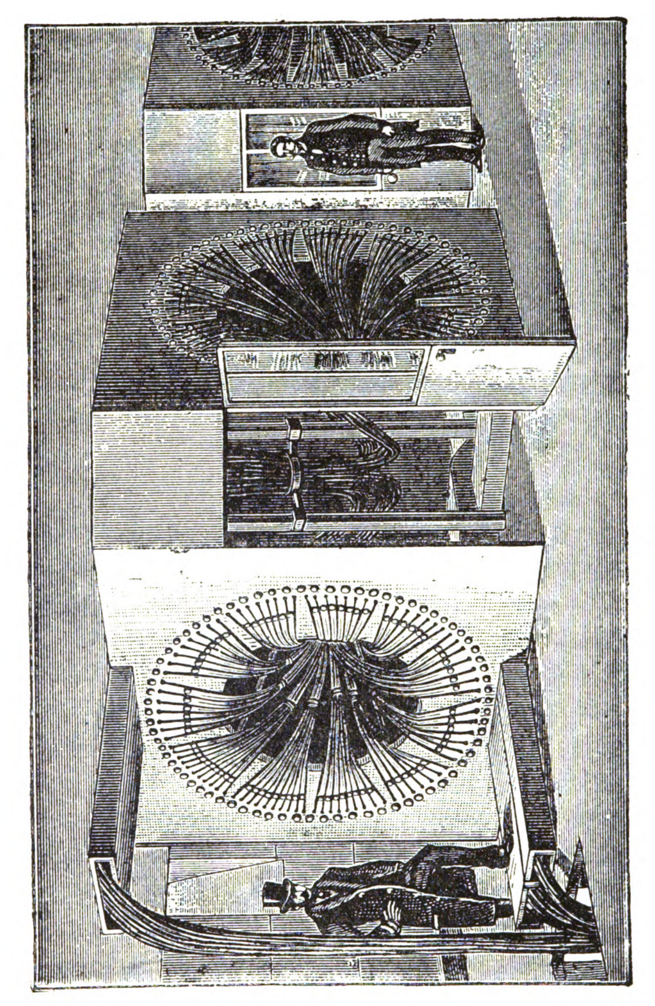


Fig. 161.

Une plaque de bronze, fixée au mur au moyen de boulons, est percée d'un nombre suffisant de trous pour permettre le passage des câbles.

Deux cent cinquante câbles, donnant un total de 1.750 circuits métalliques, sont amenés ainsi dans le sous-sol du Bureau central.

Digitized by Google

Ces câbles sont ensuite conduits, les uns en montant, les autres en descendant, aux quatre faces intérieures d'un tableau commutateur semblable à celui dont nous avons parlé plus haut.

Ils entrent d'abord dans une chambre carrée en bois, de 2m,75 environ de hauteur et ayant ses quatre arêtes coupées en facettes, dans chacune desquelles il y a une porte de façon à présenter un accès facile de tous les côtés. Chacune des faces principales de cette chambre présente une grande ouverture circulaire. Les câbles sont distribués sur les quatre faces intérieures de la chambre, tout autour de ces ouvertures circulaires, en forme de rosaces. La figure 160 donne le plan de cette chambre et la figure 161 en donne une vue perspective.

Après avoir dépouillé les câbles de leur couverture de plomb, on amène les sept conducteurs à deux fils individuellement de l'intérieur des cloisons à l'extérieur, à travers de petits trous *cccc* pour les faire aboutir à des serre-fils doubles *dddd* (fig. 162).

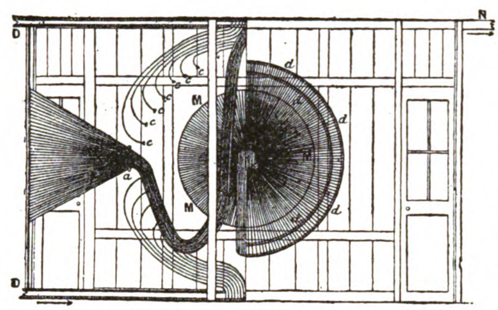


Fig. 162.

Chacun des sept conducteurs à deux fils est recouvert d'un guipage de coton, teint d'une couleur différente, et une plaque de corne fixée à chaque conducteur porte le nom et l'adresse de l'abonné. En regard de chaque trou, par lequel passe un conducteur, se trouve également une étiquette donnant le numéro que le conducteur porte sur toute sa longueur dans les égouts. La figure 163 représente sur une plus grande échelle la disposition décrite plus haut.

De chaque serre-fil double *dd* part un petit câble à deux fils *e*, isolé avec du coton et de la paraffine. Ces câbles sont plus loin conduits en faisceaux NN (fig. 160), dans le Bureau central et appliqués derrière le tableau commutateur. Les quatre ouvertures MM (fig. 162) peuvent être considérées comme les bases de quatre cônes dont le sommet commun est au centre géométrique de la chambre. L'idée de la rosace est de faire passer tous les câbles

Digitized by Google

par ce centre, de sorte qu'ils aient la même longueur et qu'ils puissent être interchangés. Les fils sont soutenus à l'intérieur de la chambre par des cercles de fer et pendent ensuite lâchement sous ces anneaux jusqu'à ce qu'ils se relèvent de nouveau pour entrer dans les conduits de bois NN.

Cette disposition en forme de rosaces permet d'essayer facilement la ligne depuis les serre-fils *dd*, *dd* et aussi de rapprocher sur le tableau commutateur les abonnés qui communiquent le plus

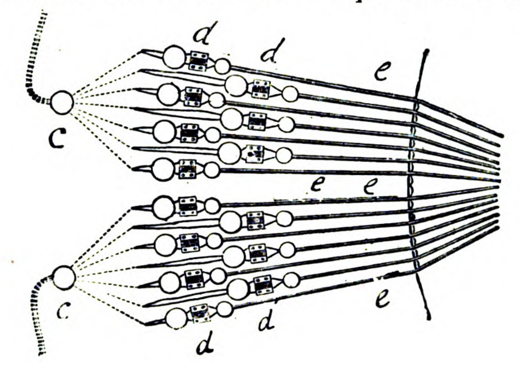


Fig. 163.

souvent ensemble. En effet, tous les câbles ont la même longueur et peuvent par suite être facilement permutés d'un serre-fil à un autre.

144. — La figure 164, qui donne une coupe du tableau commutateur, montre qu'il est composé de deux tableaux identiques disposés dos à dos et séparés par un couloir, où les câbles sont amenés dans un conduit en bois N, groupés en faisceaux de 25 câbles de deux fils chacun. Les deux conducteurs sont isolés avec du coton de différente couleur (bleue et rouge) et sont tressés ensemble. Le couloir sert à permettre aux gens de service d'atteindre les liaisons et les annonciateurs derrière le tableau.

Depuis le premier établissement des bureaux centraux, de nombreux perfectionnements, imaginés par M. A. Berthon, le Directeur actuel de la Société Générale des Téléphones, ont été mis à l'essai et comme ils ont donné des résultats satisfaisants, la compagnie s'occupe de les introduire graduellement sur tout son réseau.

Ce système perfectionné est connu sous le nom de *système de l'appel direct pour les bureaux centraux.*

Digitized by Google

En voici les traits principaux :

L'abonné X qui appelle le Bureau central n'a pas besoin d'attendre avec l'instrument à l'oreille jusqu'à ce que l'abonné demandé Y réponde. Une fois que le nom ou le numéro de cet abonné a été donné à l'employé, l'abonné qui a donné l'appel peut suspendre

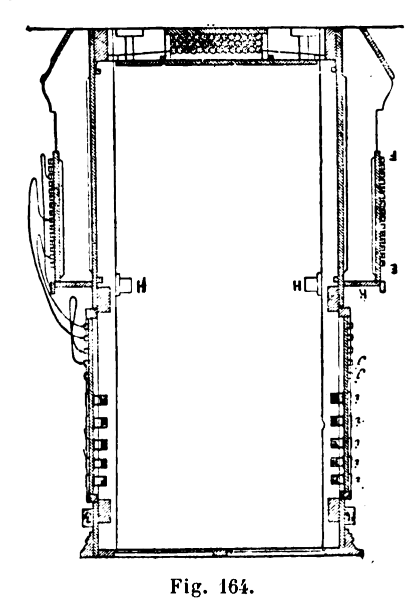


Fig. 164.

de nouveau le récepteur jusqu'à ce qu'un coup de sonnette le rappelle à l'instrument.

Ce coup de sonnette est un appel direct de l'abonné demandé, qui est maintenant à son instrument prêt à entrer en communication avec l'appelant.

Pour obtenir ce résultat, chaque poste d'abonné est pourvu de deux clefs d'appel M, M_1 (fig. 165), l'une sert à appeler le Bureau central, l'autre à appeler directement le correspondant avec lequel l'abonné a demandé au Bureau central de le mettre en rapport.

L'appel direct naturellement ne fait tomber aucune des plaques des annonciateurs de fin de conversation. La figure 165 représente une installation complète d'un poste d'abonné.

Z Ć est la pile, composée de neuf éléments Leclanché, trois éléments pour le microphone, et les neuf éléments réunis pour appeler le Bureau central ou pour l'appel direct. F est le transmetteur,

Digitized by Google

M et M_1 les deux clefs d'appel spéciales, G est un relais d'une résistance de 400 ohms, fermant le circuit local de la sonnerie H. Le courant local pour la sonnerie est aussi fourni par les neuf éléments Leclanché.

Comme les abonnés sont mis en état de s'appeler directement entre eux au moyen de la clef spéciale M_1, une fois qu'ils ont été informés par le Bureau central que leurs lignes sont reliées, tout délai dans la réponse ne peut être attribué qu'à l'abonné appelé et nullement aux employés du Bureau central.

Les abonnés une fois reliés peuvent rester en communication aussi longtemps qu'ils le désirent et tenir leur conversation sans que celle-ci puisse être surprise par le Bureau central. Ils peuvent aussi appeler tout autre abonné à un temps quelconque en appelant d'abord le Bureau central au moyen de la clef convenable M.

La compagnie fournit au prix de 175 francs le kilomètre par an des lignes directes auxiliaires pour la facilité des abonnés qui désirent établir une communication permanente entre deux comptoirs ou entre une habitation privée et un comptoir, dans le cas où ceux-ci dépendent de deux bureaux centraux différents. Il n'y a pas de tarif supplémentaire naturellement pour les abonnés qui désirent des communications permanentes lorsque leurs lignes aboutissent au même Bureau central.

Beaucoup d'abonnés du Bureau central de Paris ont établi entre leur usine et leur maison de vente des communications permanentes de cette nature, qui leur permettent de gagner du temps et qui soulagent les employés du Bureau central d'une partie de leur besogne.

Fig. 165.

145. — Le principe du système de l'appel direct sera facilement compris par le schéma suivant, qui donne les circuits d'appel, de communication et de fin de conversation.

La figure 166 montre le circuit d'appel de l'abonné P au Bureau central; *ll'* est un circuit métallique allant du poste de l'abonné au Bureau central en passant par le commutateur et l'annonciateur *a*, qui a une résistance de 400 ohms; *cc'* sont les deux ressorts de la clef d'appel M pour appeler le Bureau central; *bb'* sont les deux contacts en relation avec la pile ZC de neuf éléments Leclan-

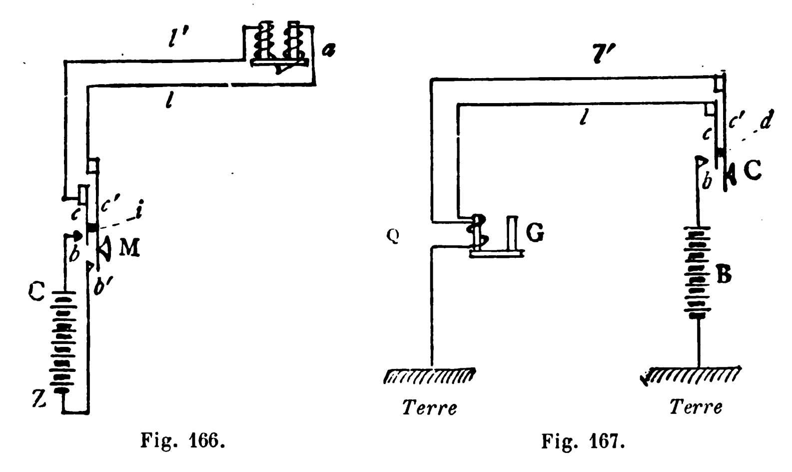


Fig. 166. Fig. 167.

ché. Les ressorts *c* et *c'* sont isolés l'un de l'autre par un morceau de caoutchouc durci, *i*, fixé sur le ressort *c*. En abaissant le bouton M, on lance le courant de la pile Z C dans les lignes *ll'* et à travers l'annonciateur *a* et on attire ainsi l'attention de l'employé au Bureau central. L'employé, en réponse à l'appel, enfonce une fiche dans le trou du commutateur auquel les lignes *ll'* sont reliées avant d'arriver aux bobines de l'annonciateur *a*. Cette fiche est en relation, au moyen d'un cordon souple, avec un appareil complet, ayant une clef d'appel et un téléphone de bureau combinés, qui est ainsi mis en circuit avec les lignes *ll'*.

La figure 167 indique le circuit d'appel qui permet au Bureau central de répondre à l'abonné. L'employé, informé que l'abonné Q est demandé, l'appellera au moyen de la clef spéciale C (fig. 167). Celle-ci est composée de deux ressorts *cc'*, qui, une fois le bouton C abaissé, sont amenés en contact mutuel au moyen d'une pièce

Digitized by Google

métallique *d*, fixée sur le ressort *c'* et sont reliés également à l'aide du contact *b* à la pile B, composée de dix éléments Leclanché, dont l'autre pôle est à la terre. Au moyen des crochets commutateurs du téléphone, une extrémité de la bobine du relai G au poste de l'abonné est reliée aux deux lignes *ll'* (fig. 167); l'autre extrémité de la bobine est mise à la terre. En abaissant le bouton C au Bureau central, et en mettant ainsi les deux ressorts *cc'* en relation avec un des pôles de la pile, on lance un courant sur les

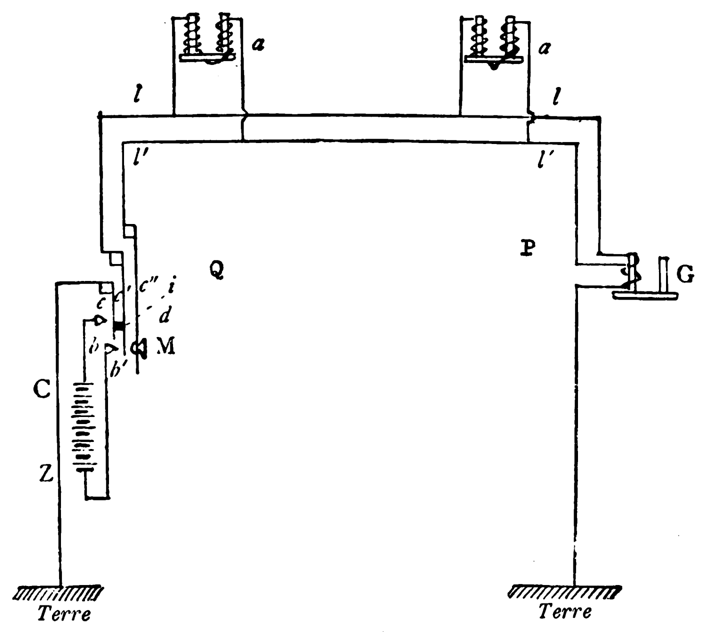


Fig. 168.

deux lignes dans la même direction ; en passant par les bobines du relais G au bureau de l'abonné Q, ce courant actionne le relais et ferme le circuit local de la sonnerie H (fig. 165).

L'employé, après avoir ainsi appelé l'abonné Q, se sert d'un cordon souple pour faire la jonction entre son commutateur et celui de l'abonné P (fig. 168), qui l'avait demandé.

L'abonné appelé répond en abaissant la clef d'appel direct M' de son instrument.

Cet appel ira directement à l'instrument de l'abonné appelant et fera marcher sa sonnerie en fermant le circuit du relais G ; il pas-

Digitized by Google

sera en outre à travers le Bureau central sans faire tomber les plaques des annonciateurs *aa* des deux abonnés reliés. La figure 168 représente le circuit d'appel.

La clef d'appel direct M′ se compose de trois ressorts, *c*, *c′ c″* ; *c′* et *c″* peuvent être amenés en contact métallique au moyen de la pièce métallique *d* fixée sur *c″* lorsqu'on appuie sur le bouton M′; *c′* et *c* sont isolés entre eux au moyen d'une pièce de

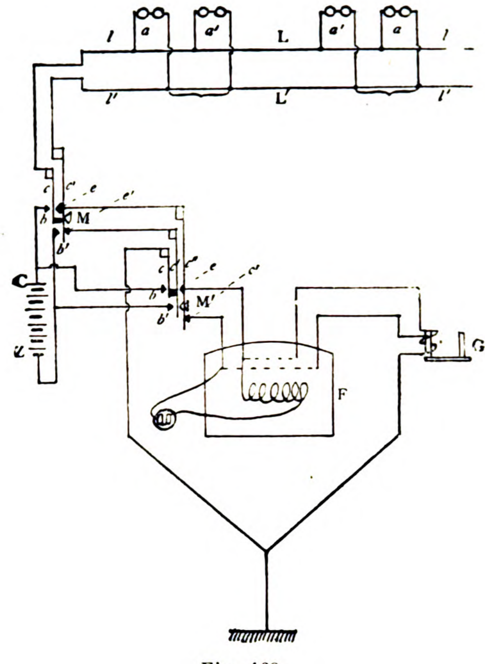


Fig. 169.

caoutchouc durci *i* fixé sur *c′*. En appuyant sur le bouton M′, on amènera les ressorts *c* et *c′* en contact avec *b* et *b′* et le courant de la pile Z C de l'abonné passera par le relais G sur les deux lignes *ll′* à la fois, sans faire tomber, par conséquent, aucun des annonciateurs *aa*, disposés en pont au Bureau central.

146. — Le circuit de la transmission de la parole (fig. 169) est entièrement métallique ; à chacun des postes des abonnés, aussi longtemps que dure la conversation, les crochets commutateurs des instruments mettent hors circuit la terre à laquelle sont reliés

Digitized by Google

les relais GG et les communications à la terre des clefs d'appel direct sont également hors circuit.

Le circuit de parole passe donc, comme l'indique la figure 169, par les lignes *ll'*, les ressorts *cc'* de la clef M, à travers les contacts supérieurs *ee'*, par les ressorts *c' c''* aux contacts supérieurs *ee'* de la clef d'appel direct M' et de là aux vis servant de bornes entre la ligne et l'instrument F, enfin à travers la section secondaire de la bobine d'induction et à travers le téléphone récepteur.

Deux annonciateurs, *aa*, sont laissés en circuit dérivé comme des avertisseurs de fin de conversation, si les communications sont données entre deux abonnés reliés au même Bureau central; mais si on doit se servir d'une ligne auxiliaire LL' reliant deux bureaux centraux, les annonciateurs *a' a'* aux extrémités de la ligne auxiliaire à chaque Bureau central sont aussi laissés en circuit dérivé comme des avertisseurs de fin de conversation.

Dans un même bureau, on effectue la jonction entre les divers commutateurs eux-mêmes, quand ils se trouvent sur le même tableau, mais quand ils sont à une bonne distance l'un de l'autre, on se sert des autres lignes locales auxiliaires.

Quand les deux abonnés ont fini leur conversation, ils peuvent, en abaissant la clef d'appel M, lancer sur la ligne le courant de leur pile de neuf éléments Leclanché et faire ainsi tomber les avertisseurs de fin de conversation *aa'* à leurs bureaux centraux respectifs.

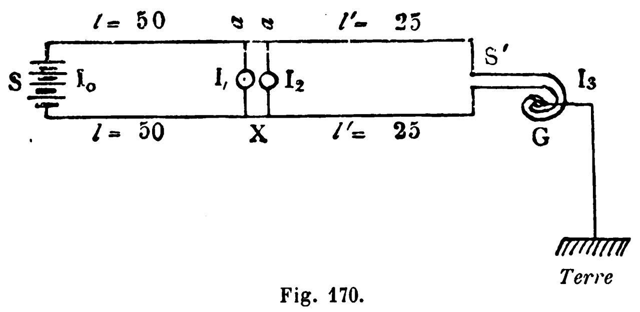


Fig. 170.

147. — Les schémas suivants, qui donnent les circuits des avertisseurs de fin de conversation, permettent de calculer l'intensité des courants dérivés actionnant les annonciateurs :

Supposons le cas de deux abonnés reliés par l'intermédiaire

Digitized by Google

d'un seul bureau central X (fig. 170) et prenons les résistances des lignes $ll = 50$ ohms, $l'\,l' = 25$ ohms. Deux annonciateurs de 400 ohms chacun sont laissés en circuits dérivés. Les abonnés sont prévenus qu'ils ne doivent pas manquer de donner un signal à la fin de leur conversation ; nous supposerons donc que l'abonné S a donné ce signal avec le courant de la pile de son instrument — neuf éléments Leclanché.

Les courants dans chacun des circuits dérivés — annonciateurs I et I_2 — seront :

$$\frac{13.500 \text{ (milli-volts)}}{100 + \cfrac{1}{\cfrac{1}{400} + \cfrac{1}{400} + \cfrac{1}{450}}} \times \frac{\cfrac{400 \times 450}{400 + 450}}{400 + \cfrac{400 \times 450}{400 + 450}} \text{ milliampères.}$$

c'est-à-dire 19, 6 milliampères à travers chacun, ce qui est tout à fait suffisant pour faire tomber les plaques des avertisseurs de fin.

La figure 171 suppose le cas de deux abonnés reliés par l'intermédiaire de deux bureaux centraux XY, qui sont en communica-

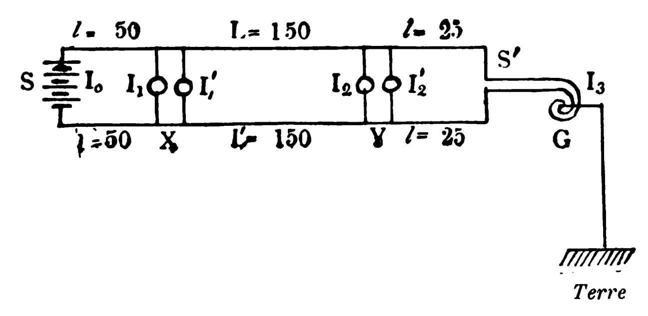


Fig. 171.

tion au moyen d'une ligne auxiliaire $LL' = 300$ ohms de résistance. Les courants, dans chacun des circuits dérivés I_1 I'_1 seront dans ce cas d'environ 19, 5 milliampères.

Le courant lancé par la pile de l'abonné S fera tomber les plaques des deux annonciateurs de fin de conversation au Bureau central X, et le courant de la même intensité à peu près, lancé par la pile de l'abonné S', fera tomber celles des deux annoncia-

Digitized by Google

teurs de fin de conversation au Bureau central Y. Les lignes seront libres aux quatre tableaux du même coup.

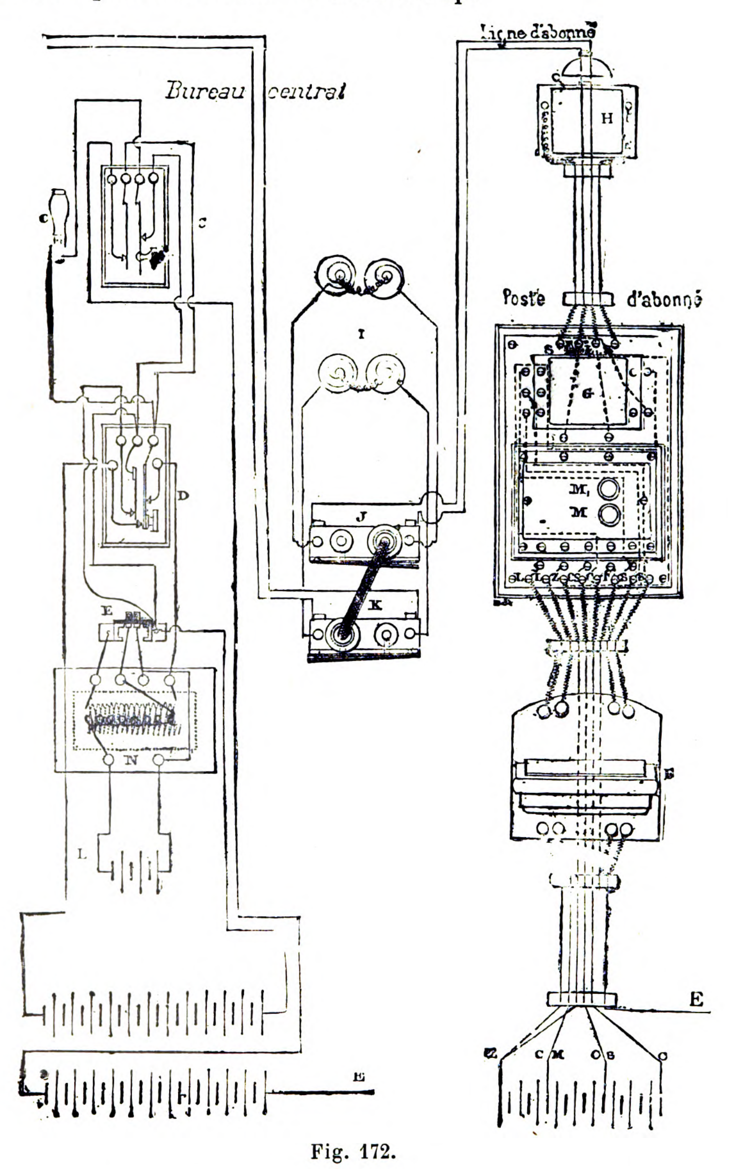


Fig. 172.

148. — D'après les explicatoins données plus haut, on n'aura pas de peine à comprendre que l'application du système d'appel direct à un vaste réseau téléphonique, composé d'un nombre quelconque

Digitized by Google

de bureaux centraux ou secondaires, est basée sur le principe que les annonciateurs branchés en circuit dérivé sont enroulés de fil à résistance élevée, comme 400 ohms, de manière à ne pas affaiblir la parole ; que les circuits, servant à effectuer les appels, sont des circuits métalliques complets et n'emploient jamais la terre comme retour; dans le dernier cas, les circuits dérivés, formés par les annonciateurs, ne seraient traversés par aucun courant du tout, ou si la résistance des deux lignes était inégale, le seraient par un courant extrêmement faible. En pratique, on trouve que l'une des deux sections de la ligne doit être directement à la terre, pour que le fonctionnement du système soit mis en défaut ; aussi, lorsque l'appel direct ne fonctionne pas en règle, c'est un signe que l'une des lignes est à la terre ou peu s'en faut.

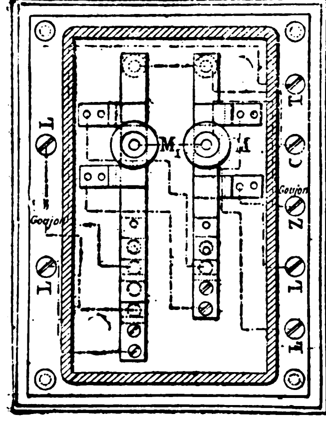


Fig. 173.

149. — Maintenant que le principe du système a été expliqué en détail, le lecteur comprendra facilement la figure 172, qui représente les liaisons établies par l'intermédiaire d'un Bureau central entre deux abonnés pourvus des installations nécessaires d'instruments à appel direct : ZC est la pile d'appel de neuf éléments Leclanché, ZCS est la partie de la pile qui actionne le circuit local de la sonnerie H lorsqu'il est fermé par le relais G, ZCM dessert le circuit local du microphone.

Le fil de terre est relié au relais G et à la clef M_1 ; F est l'instrument de l'abonné (le microphone et récepteur Ader qui sont généralement en usage au Bureau central de Paris) ; M est la clef dont on se sert pour appeler le Bureau central ; M_1 est la clef d'appel direct ; H est une sonnerie ordinaire de 5 ohms de résistance, actionnée par le relais G.

La figure 173 donne le plan de la clef double MM_1. La figure 174 donne une coupe longitudinale de la clef d'appel direct M' ; la figure 175 donne une coupe longitudinale de la clef d'appel M pour appeler le Bureau central.

Digitized by Google

Au Bureau central, la ligne de l'abonné aboutit derrière le tableau où elle est reliée à un commutateur, composé de deux plaques métalliques, isolées l'une de l'autre au moyen d'une plaque mince en ébonite, et placées l'une derrière l'autre. Dans la plaque antérieure, il y a deux trous, qui vont à travers l'ébonite jusqu'à la plaque postérieure où ils sont de dimensions plus petites. Ces deux plaques sont fortement serrées ensemble au moyen de deux vis qui servent aussi à les fixer sur le tableau.

La figure 176 montre les détails d'un commutateur d'abonné et

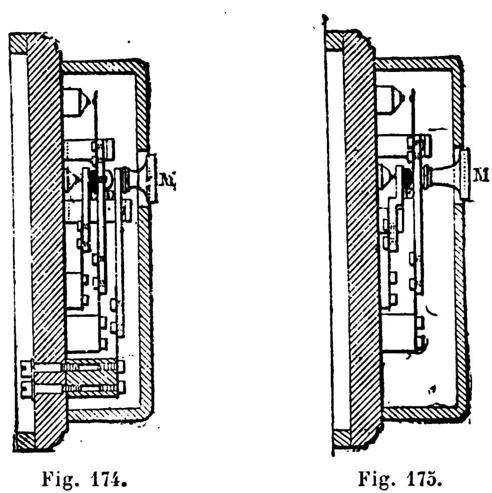


Fig. 174. Fig. 175.

la manière dont les lignes et les annonciateurs sont en communication avec les deux plaques ; *a* est l'annonciateur, *ll'* sont les lignes des abonnés ; *rr*, *rr*, sont des ressorts en acier avec des goujons en fil de bronze siliceux, pour assurer les contacts de la fiche lorsqu'elle est introduite dans les trous de la plaque.

La figure 172 montre aussi les liaisons des commutateurs avec les lignes auxiliaires et l'annonciateur. Ces commutateurs sont construits exactement de la même manière que ceux qui doivent servir pour les lignes des abonnés, mais les deux parties métalliques sont étroitement serrées ensemble par les deux vis A et B (fig. 177), qui s'étendent jusque derrière le tableau, non seulement comme un moyen d'attache, mais aussi pour effectuer la liaison avec l'annonciateur.

La vis A est complètement isolée du métal des deux plaques,

Digitized by Google

excepté à un seul point, où une petite goupille permet d'établir la communication avec le ressort au-dessus (C, fig. 178). La vis B est isolée de la plaque antérieure, mais communique avec la plaque postérieure. Les deux plaques communiquent chacune avec l'une des lignes, et l'annonciateur relié aux deux vis A et B reste dans le circuit de la ligne auxiliaire aussi longtemps que le ressort main-

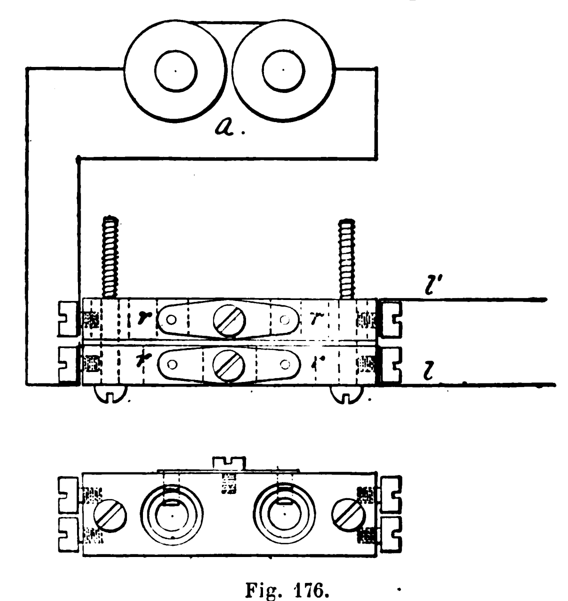


Fig. 176.

tient le contact entre la plaque antérieure et l'annonciateur ; l'annonciateur sera mis hors circuit, aussitôt qu'une fiche introduite dans le trou de droite aura quitté le ressort.

La cheville O (fig. 172), en relation avec les clefs C et D et avec le commutateur spécial E, est destiné à mettre les appareils de l'employé (le téléphone combiné Berthon-Ader) en communication, par l'intermédiaire du commutateur principal, avec les commutateurs des abonnés, ou par l'intermédiaire du commutateur de la ligne auxiliaire, avec l'employé à l'autre bout des lignes auxiliaires. Des fiches semblables sont employées aux extrémités du cordon souple, qui sert à relier les abonnés entre eux.

La figure 179 représente la fiche. La partie *a* est isolée très soigneusement de la partie *b* au moyen d'ébonite. Chacune des parties *a* et *b* est en communication avec l'un des fils du cordon

Digitized by Google

flexible, qui se compose de deux conducteurs en forme de deux spirales isolées avec du coton et réunies ensemble au moyen d'un guipage de soie.

La fiche, une fois introduite dans l'un des trous du commuta-

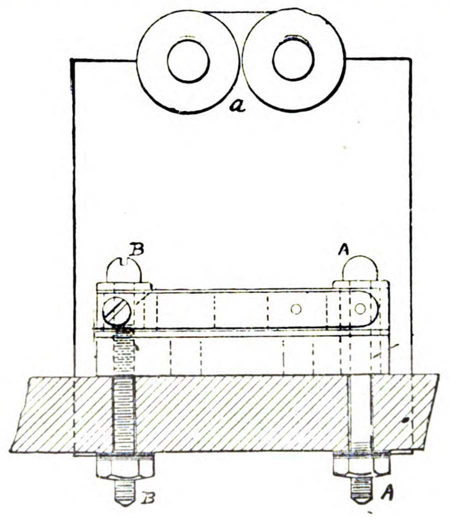


Fig. 177.

teur en relation avec les lignes de l'abonné, fait contact avec la plaque postérieure au moyen de sa partie a, avec la plaque antérieure au moyen de sa partie b, mais laisse l'annonciateur sur une

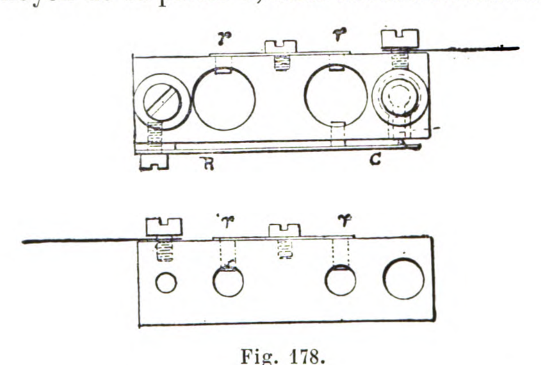


Fig. 178.

dérivation du circuit et lorsqu'un appel se produit au poste d'un abonné, au moyen de la fiche O et de la clef C (fig. 172) la plaque de l'annonciateur ne tombe pas parce que le courant vient d'une pile mise à la terre.

Digitized by Google

La fiche introduite dans le trou de gauche laissera les annonciateurs en circuit dérivé. Les liaisons se font toujours de cette manière, mais on fait les appels en introduisant la cheville dans le trou de droite de façon à mettre l'annonciateur hors circuit.

Les appels de Bureau central se font avec deux clefs différentes, Les figures 180 et 181 représentent la clef C (fig. 172) qui est en relation avec une pile de 15 éléments Leclanché ayant un de ses

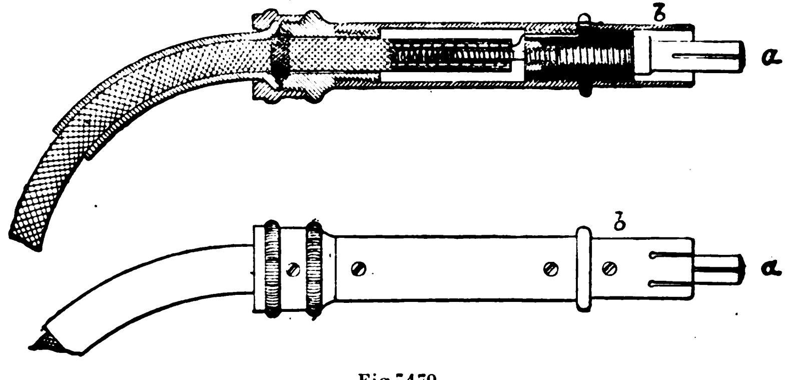


Fig. 179.

pôles à la terre. Cette clef ne sert qu'à appeler les abonnés. On peut suivre ses liaisons électriques sur la figure 172.

Les figures 182 et 183 représentent la clef D pour effectuer des appels sur des lignes auxiliaires et faire établir les liaisons entre des abonnés appartenant à deux bureaux centraux différents. On peut également suivre ses connexions électriques sur la figure 172.

La clef C n'est employée qu'aux tableaux commutateurs principaux et la clef D qu'aux tableaux auxquels aboutissent des lignes auxiliaires.

E (fig. 172) est un commutateur spécial, à quatre contacts, pour permettre à l'employé de relier son téléphone aux lignes des abonnés ou aux lignes auxiliaires et de répondre aux appels ou de les répéter. N est la bobine d'induction de l'appareil téléphonique de l'employé.

150. — Le transmetteur Berthon (une modification de celui de Moseley, § 52) a maintenant remplacé celui décrit au § 47. La forme adoptée se compose de deux plaques de charbon circulaires

Digitized by Google

PP′ (fig. 184) épaisses de 1,5 millimètre et ayant un diamètre de 60 millimètres, séparées l'une de l'autre par l'anneau en caoutchouc B. Une soucoupe en ébonite C, remplie aux trois quarts de

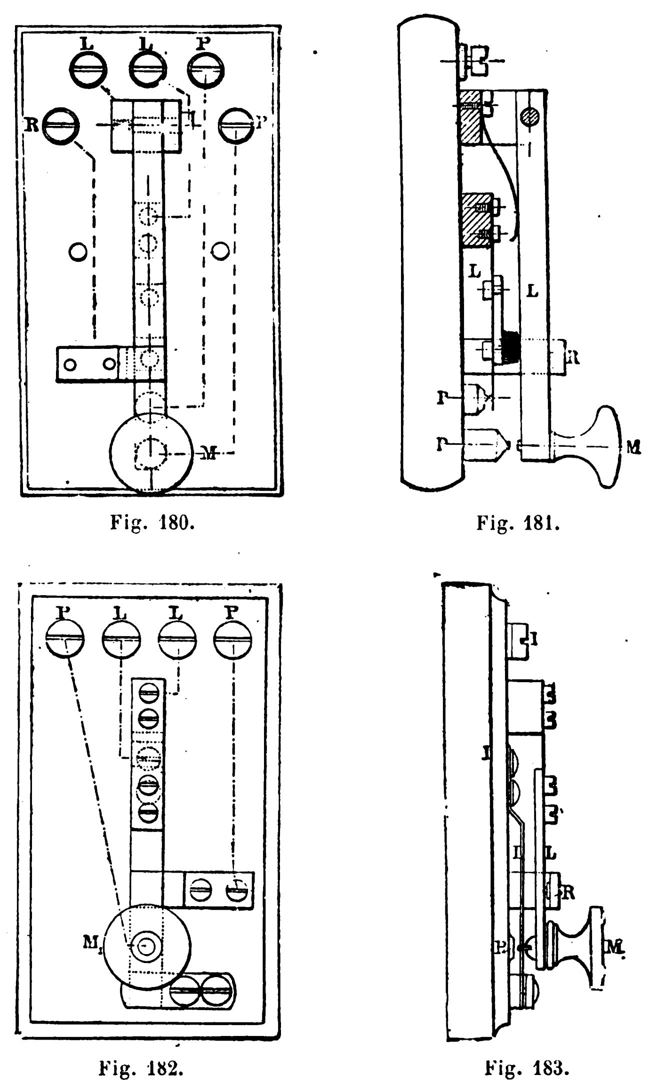


Fig. 180. Fig. 181.

Fig. 182. Fig. 183.

granules de coke de cornue, est disposée au centre de la plaque P′. Lorsque l'appareil est suspendu, les granules reposent contre la plaque extérieure P et établissent le contact microphonique. L'ensemble est enfermé dans une boîte en ébonite A, dans la

Digitized by Google

partie supérieure de laquelle il y a une ouverture ayant un diamètre correspondant avec celui de la plaque P ; un anneau en métal D, s'adaptant dans cette ouverture, maintient la plaque P en position. Le fond de la boîte est perforé de trous, TT, qui permettent à la plaque inférieure P′ de vibrer librement, et les bornes *bb′* y sont également fixées. Les contacts des bornes avec

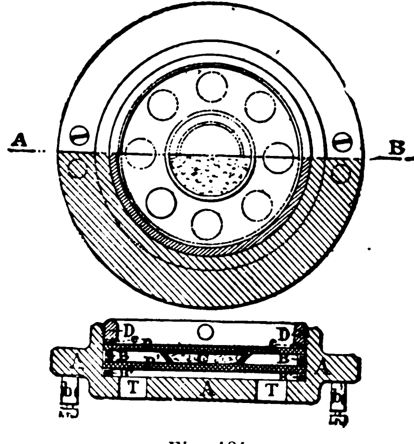


Fig. 184.

les plaques de charbon sont effectués au moyen de fils de platine légèrement aplatis. Un second anneau B′ sépare P′ du fond de la boîte.

La meilleure inclinaison à donner aux plaques est de 50° ; on a constaté que c'est dans cette position que l'appareil est plus sensible, et il n'a pas ce bruit désagréable de friture qu'on rencontre souvent dans d'autres appareils.

Une pile (L, fig. 172) de trois éléments Leclanché est employée pour le téléphone combiné de chaque employé : A est la pile d'appel pour les lignes auxiliaires, — vingt éléments Leclanché ; B est la pile de 15 éléments, avec un de ses pôles à la terre, servant à appeler l'abonné.

151. — La moyenne des appels par jour à Paris est de 25.000, ce qui fait 4,32 appels par jour par abonné. Sur 1.000 appels, 65 environ ont lieu entre des abonnés reliés au même Bureau central et les 935 qui restent ont à passer par deux Bureaux centraux. Dans

Digitized by Google

le système actuel, chaque employé répond à 175 appels environ. Ce nombre correspond à 300 liaisons établies par chaque employé.

On prévoit que lorsque le système par appel direct aura été généralisé sur tout le réseau des téléphones de Paris, chaque employé pourra répondre au moins à 350 appels.

Chaque abonné a une pile de 9 éléments Leclanché, dont trois sont employés pour le transmetteur, et tous ensemble pour les signaux d'appel et de fin de conversation. Les trois éléments du microphone doivent être renouvelés régulièrement tous les quatre mois, mais les six éléments restants durent de dix-huit mois à deux ans et même davantage. L'entretien des 50.000 éléments en usage actuellement demande beaucoup de soins et se fait de la manière la plus régulière et la plus économique.

La ligne auxiliaire la plus longue dans le réseau de Paris est de 10.000 mètres, et la plus courte de 1350 mètres.

La résistance des fils des câbles est d'environ 48 ohms par mille. En prenant le cas de deux abonnés habitant chacun à la distance de 1 mille du Bureau central et communiquant par une ligne auxiliaire d'une longueur de 6 milles (9.600 mètres), la résistance du circuit métallique sera de $48 \text{ ohms} \times 2 \times 8 = 768$ ohms.

La transmission de la parole sur ces longues lignes est parfaitement satisfaisante, même avec deux annonciateurs laissés en circuit dérivé à chaque Bureau central.

De nombreuses expériences ont été faites au sujet de la plus grande distance pratique à laquelle on pouvait transmettre la parole sur les circuits métalliques souterrains du Bureau de Paris et on a trouvé que la parole est encore tout à fait possible sur des circuits métalliques pour deux abonnés distants de 16 milles (25,6 kilom.), ou pour une longueur de 32 milles (51 kilom.) de circuit métallique, représentant une résistance de 1.536 ohms ; pourvu, bien entendu, qu'il n'y ait pas de circuits dérivés aux Bureaux centraux.

L'un des avantages du système de l'appel direct, que nous n'avons pas encore indiqué, c'est qu'en employant pour l'appel un circuit à la terre, au lieu d'un circuit métallique, la résistance est réduite au $\frac{1}{4}$ et que, par suite, il faut un courant bien moins considérable. Avec les neuf éléments d'appel au bureau de l'abonné,

Digitized by Google

les appels directs se font sans aucune difficulté entre les points les plus éloignés du réseau qui s'étend jusqu'au delà des fortifications.

Nous pouvons faire observer que le système de l'appel direct fonctionnerait tout aussi bien avec des appels magnéto et qu'on peut aussi l'appliquer aux bureaux faisant usage de circuits à la terre. Dans le dernier cas, on emploie des annonciateurs polarisés et des relais polarisés pour actionner les sonneries aux postes des abonnés.

Digitized by Google

CHAPITRE XVII

BUREAUX CENTRAUX

SYSTÈME SUISSE

152. — Le tableau commutateur en usage est représenté par la figure 185. Sur une petite table D, il y a dix fiches mobiles et en face d'elles deux rangées de clefs de contact, l'une de cinq et l'autre de dix clefs. En B, il y a cinquante trous de commutateurs, disposés en cinq rangées verticales de dix chacune. En A, il y a cinquante disques d'annonciateurs, qui s'abattent lorsque l'armature est attirée par l'électro-aimant. (Les disques 8, 12,34, 46 sont représentés dans cette position.) Cinq annonciateurs du même type sont placés en C en dessous des trous de commutateurs.

L'annonciateur est représenté figure 186 aux deux tiers de sa grandeur naturelle ; *e* est l'électro-aimant à deux bobines, dont la résistance varie de 90 à 100 ohms ; *d* est une plaque en fer doux portant une série de cinq électro-aimants ; *l* est un support portant l'armature et un bras mince horizontal, *b*, terminé par un petit crochet. Lorsque l'armature n'est pas attirée, le crochet arrête le disque *a*, qui, dès que le crochet est soulevé par l'attraction de l'armature, tombe par l'effet de son propre poids. Le disque en tombant heurte contre le butoir *g* et fait assez de bruit pour se faire entendre dans toutes les parties de la salle des employés ; en même temps, il presse le ressort *f*, fixé à la plaque *c*, contre la vis de contact *h*, qui est isolée par un morceau d'ébonite *i*. Le ressort forme un circuit indépendant et local, sur lequel se trouvent une pile, une sonnerie d'appel pour la nuit, et un inverseur de courant pour le jour.

Digitized by Google

Chacun des cinquante commutateurs (en B, sur la figure 185) est une espèce de manipulateur Morse, à 3 contacts ; c'est-à-dire, qu'en enfonçant une des dix fiches dans l'un des trous, on interrompt l'un des circuits et on en ferme en même temps un autre.

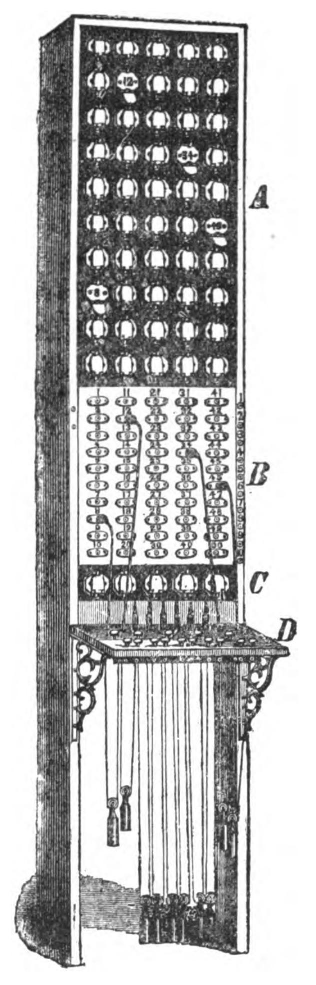


Fig. 186.

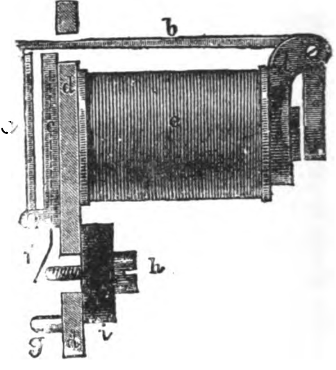


Fig. 185.

La figure 187 montre l'un de ces commutateurs en coupe longitudinale. Partant de chaque trou de commutateur, une tige métallique s'étend à travers le tableau jusqu'à une pièce filetée *e*, munie de deux écrous *f*, *g*, qui sont séparés par des rondelles de contact et qui servent à établir la liaison avec la ligne de l'abonné. L'écrou *f* sert aussi à maintenir l'extrémité d'un ressort flexible *c*, dont l'extrémité libre s'appuie normalement contre la pointe d'une vis, *h*, passant à travers une pièce d'ébonite. Cette vis est en relation avec l'électro-aimant de l'annonciateur, correspondant à ce trou de commutateur, l'autre extrémité de l'électro-aimant étant reliée à la terre. Aussi longtemps qu'il n'y a pas de fiche enfoncée dans le trou, l'annonciateur est compris dans le circuit de l'abonné qui va de la ligne à travers le ressort *c* et la vis *h*. En introduisant une fiche, on rompt la communication

Digitized by Google

entre le ressort et le contact h, tandis que la fiche elle-même forme contact avec le ressort et par suite avec le fil de ligne aboutissant à f, g. Au moyen du cordon souple aux extrémités duquel les fiches sont attachées, on peut joindre alors cette ligne à une autre ligne quelconque, en enfonçant une fiche dans le trou de commutateur correspondant à cette dernière.

Les clefs de contact (fig. 185) sont tout à fait du type ordinaire et ne demandent pas une description spéciale. Celles de la rangée

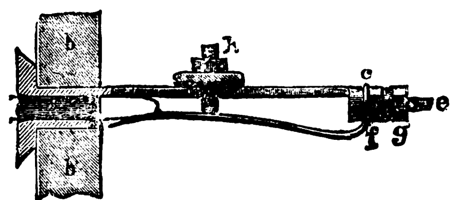


Fig. 187.

de cinq établissent simplement le contact entre deux points qui autrement seraient isolés, tandis que celles de l'autre rangée agissent comme des manipulateurs télégraphiques, en interrompant un circuit pour en établir un autre.

Les parties A et B (fig. 185) sont entièrement indépendantes des parties C et D du tableau commutateur ; mais dans ces deux dernières parties, il y a cinq systèmes formant chacun un ensemble complet et distinct, tout à fait indépendant du reste. Chaque système comprend l'un des annonciateurs de C, les deux fiches qui sont les plus rapprochées de cet annonciateur, les deux clefs de contact immédiatement en regard, et la clef de contact unique située derrière et entre les deux premières.

153. — Pour expliquer le fonctionnement d'un tableau commutateur de cinquante abonnés, nous supposerons que deux abonnés quelconques désirent communiquer entre eux. Soient m_3 et n_3 (fig. 188) les lignes des abonnés, m_2 et n_2 respectivement leurs commutateurs, m, n les bobines des annonciateurs correspondants, a l'un quelconque des annonciateurs de la partie C, c et d les fiches placées en face de cet annonciateur, et b, e, f les clefs de contact appartenant à ce système; T est le téléphone qui appartient au tableau commutateur, g est une pile pour appeler les abon-

nés. La clef *b* est donc la clef du téléphone, les autres servent aux appels. Il est facile de suivre la marche du courant pour chaque position des pièces mobiles. Supposons que m_3 ait lancé un courant. Le disque *m* tombe, le Bureau central introduit la

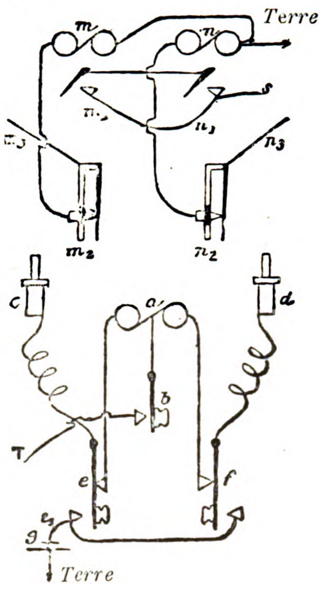


Fig. 188.

fiche *c* dans le trou de commutateur m_2. A ce moment, toute communication de l'abonné m_3 avec le Bureau central est interrompue, mais il suffit d'appuyer sur la clef *b* pour communiquer par le téléphone T avec m_3. L'employé fait connaître sa présence par le mot « *Voilà* ». L'abonné m_3 exprime son désir de communiquer avec n_3. L'employé enfonce la fiche *d* dans le trou n_2 et appuie sur le clef *f*, appelant ainsi l'abonné n_3. Un moment après, l'employé appuie sur la clef *b* pour savoir si n_3 est présent. S'il l'est, les deux abonnés sont mis en communication sans aucune autre manipulation. Dans le cas où n_3 ne répondrait pas, l'employé appuie une seconde fois sur la clef *f*, et écoute de nouveau. Dès que l'abonné appelé a répondu, la communication avec l'abonné appelant est établie et l'annonciateur *a* mis en circuit. Lorsque l'un des deux abonnés donne le signal de la fin de la conversation, la plaque de l'annonciateur tombe, indiquant par là que les fiches *c*

Digitized by Google

et *d* doivent être retirées. En m_1 et n_1 est représenté le circuit pour l'appel de nuit. La sonnette et la pile avec l'inverseur du courant sont intercalés dans le circuit entre *s* et la terre.

Lorsque dans un Bureau central, les tableaux commutateurs dépassent un certain nombre, deux abonnés ne peuvent souvent pas être reliés directement. On doit alors prendre des moyens pour relier les commutateurs entre eux. Sur la droite de la partie B (fig. 185) on remarquera dix trous de commutateurs marginaux, numérotés 1 à 10, et tous les trous ayant le même numéro sur les différents tableaux commutateurs sont reliés ensemble au moyen de conducteurs. Par conséquent, pour relier deux tableaux, il n'y a qu'à introduire une fiche dans les trous marginaux de même numéro sur ces deux tableaux. Supposons, par exemple, que l'abonné 27 désire parler à 752; sur le tableau commutateur qui porte les numéros 1-50, on enfonce les deux chevilles d'un cordon souple, l'une dans le trou 27, et l'autre dans le trou de marge 1; sur le tableau qui porte les numéros 751-800 on fait la même chose pour le trou de commutateur 752 et le trou de marge 1. La communication est établie maintenant, mais on a besoin de quatre chevilles, six clefs de contact, et deux annonciateurs. Pour simplifier les manipulations, on se sert d'un cordon à deux fiches au tableau de l'abonné demandé. L'effet est le même que si les deux abonnés étaient sur le tableau comprenant les numéros 1-50. Le nombre de trous marginaux pourrait être facilement augmenté, mais la pratique a montré que dix commutateurs simultanés suffisent à toutes les demandes.

154. — On se servait primitivement en Suisse de deux systèmes d'appel. A Bâle, on employa d'abord les courants directs d'une pile, tandis qu'à tous les autres bureaux, on faisait usage de courants alternatifs. Ces courants alternatifs sont produits par un appareil spécial automatique, représenté figure 189. Tout en haut on voit un fort aimant auquel est attaché un pendule. Ce dernier reçoit son mouvement des deux bobines d'un électro-aimant polarisé, dont les noyaux ont la même polarité, tandis que le pendule est aimanté dans un sens différent. Sur une plaque sont montés deux contacts : l'un règle les oscillations du pendule, tandis que l'autre

Digitized by Google

sert à changer le sens du courant. La figure 190 indique le principe de l'appareil : *d* et *e* sont des coupes verticales de pendule, tout près des deux contacts. Le courant de la pile passe de la borne *b* à la bobine *i*, traverse le ressort *f* et la pièce rigide *h* et retourne par *a* à la pile *c*. La bobine *i* attire donc la tige de pendule et, par suite de cette attraction, *d* interrompt le contact entre *f* et *h* et en établit un autre entre *g* et *h*. Le courant passe maintenant par la bobine *k*, et le pendule reprend la position représentée sur la figure, pour continuer son oscillation de la

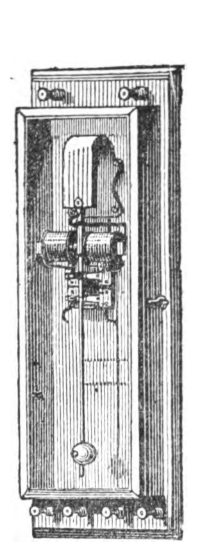


Fig. 189.

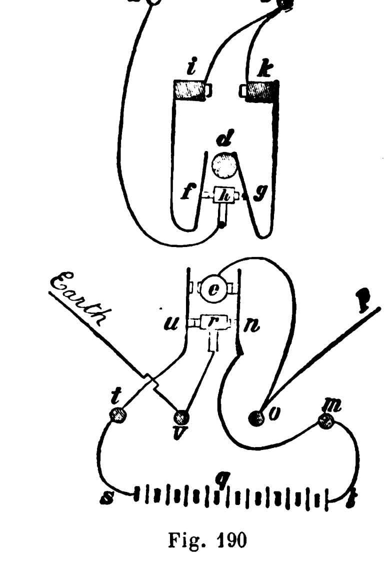


Fig. 190

manière décrite. La pile *c* doit être formée de deux éléments constants.

La coupe *e* du pendule montre les variations de contact qui se présentent aux ressorts *u* et *n*. Lorsque le pendule oscille vers la droite, la pièce rigide *r* fait contact avec le ressort *u*, et la tige avec le ressort *n*. Le courant positif partant du pôle *t* de la pile *q* passe par *m*, *n*, la tige *e*, et la borne *o* ; et le courant négatif partant de *s* va au ressort *u*, la pièce *r*, la borne *v* et de là à la terre. Dans la position contraire de la tige, le courant négatif arrive par *t*,*u*,*e*,*o*,*p* et le courant positif va à la terre par *m*,*n*,*r*,*v*.

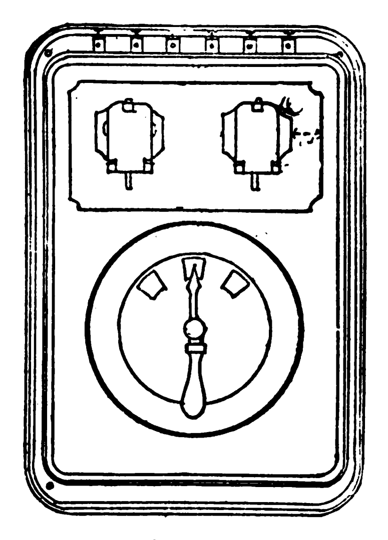
Digitized by Google

La pile *q* consiste d'éléments Leclanché, dont le nombre dépend de l'étendue du réseau.

L'appareil téléphonique, employé par chaque abonné, ne demande pas une description spéciale. Il se compose d'un transmetteur supporté à une hauteur convenable, qui est à peu près celle de la bouche de l'employé; au-dessus il y a un support pour le récepteur, disposé de manière à permettre à l'employé de se mouvoir dans un rayon assez étendu, de manière qu'il puisse se mettre dans la position qu'il préfère.

STATIONS INTERMÉDIAIRES

155. — Il arrive souvent que l'abonné désire être en communication à la fois avec le bureau central et avec quelque autre partie



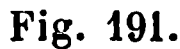


Fig. 191.

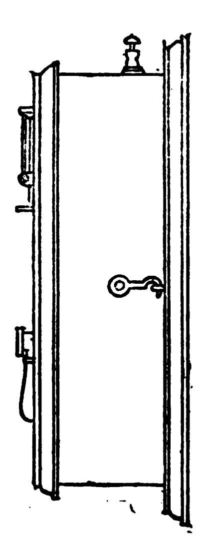


Fig. 192.

de la ville. C'est le cas d'un commerçant, par exemple, dont le domicile et le comptoir sont séparés par une certaine distance et qui désire communiquer de l'un à l'autre et pouvoir aussi de l'un ou de l'autre se mettre en relation avec le Bureau central. On obtient ce résultat en prolongeant jusqu'au domicile de l'abonné

Digitized by Google

la ligne reliant le Bureau central à son comptoir, ou vice versa. On obtient ainsi deux stations desservies par une seule ligne.

L'administration des téléphones suisses encourage des combinaisons pareilles en réduisant le taux de l'abonnement; elles sont hautement appréciées par le public, qui en fait un usage considérable.

Pour que le système fonctionne d'une manière satisfaisante, il est avant tout nécessaire que les différents appareils soient entiè-

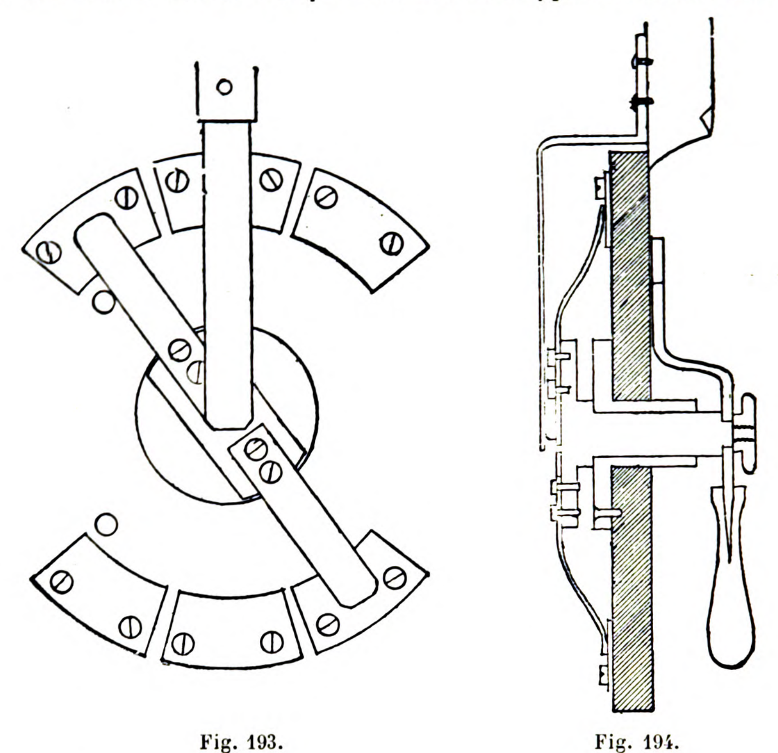


Fig. 193. Fig. 194.

rement indépendants les uns des autres et qu'il n'y ait pas même la possibilité d'une méprise dans l'appel à transmettre à l'une ou l'autre des deux stations.

Les figures 191 et 192 représentent l'appareil imaginé à cet effet par M. Rothen, Directeur-assistant des télégraphes suisses. La boîte est placée près de l'appareil téléphonique proprement dit. En dessous des six bornes qu'on peut voir tout en haut, sont disposés deux annonciateurs, identiques sous tous les rapports à ceux

Digitized by Google

décrits au § 152. En dessous des deux annonciateurs, il y a un disque avec une manette qui peut occuper trois positions différentes D, I, II. Lorsque la manette est verticale et se trouve sur I, le Bureau central peut appeler le poste intermédiaire, et vice versa. Si, dans cette position, le poste extrême appelle le poste intermédiaire, la plaque de l'annonciateur de droite tombe et fait fonctionner une sonnerie spéciale. Le poste intermédiaire, en poussant la manette sur le contact II, renverse les relations et entre en communication avec le poste extrême. Maintenant, si le Bureau central appelle, c'est encore la plaque de droite qui tombe, et la sonnerie spéciale qui fonctionne. Les manipulations au poste intermédiaire sont donc très simples. Si la sonnerie d'appel de l'appareil téléphonique se fait entendre, on traite l'appel comme un appel ordinaire de la Station centrale ; si, d'autre part, la plaque de droite tombe et que la sonnerie d'appel spéciale résonne, on pousse la manette jusque sur celui des deux contacts I, II, qu'elle n'a pas encore occupé auparavant, quelle que soit du reste sa position.

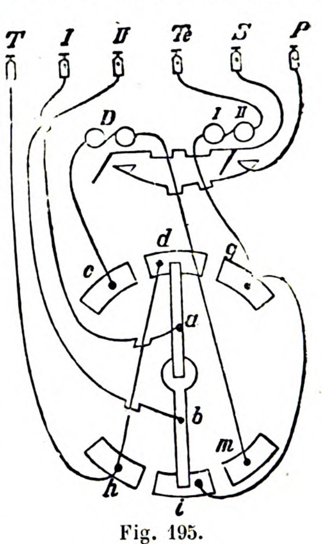


Fig. 195.

Si c'est le poste extrême qui désire être mis en communication directe avec le Bureau central, le poste intermédiaire place la manette sur le contact D et met ainsi complètement hors circuit l'appareil du poste intermédiaire, à l'exception de l'annonciateur de gauche, dont on fait tomber la plaque au moyen d'un courant lancé à la fin de la conversation.

La figure 193 représente le commutateur (vu de dos) et la figure 194 en donne une coupe longitudinale.

La figure 195 est un schéma de toutes les liaisons intérieures de l'appareil. Derrière le disque, la manette est en relation avec deux ressorts de contact *a* et *b*, isolés l'un de l'autre, qui glissent sur six segments — *c*,*d*,*g*,*h*,*i* et *m*, — dans un ordre tel que si le ressort *a* touche *c*, *d*, ou *g*, le ressort *b* touche *m*, *i*, ou *h*. Les deux

Digitized by Google

annonciateurs sont en D et en I, II; au-dessous sont représentés les ressorts et les points de contact qui ferment le circuit local de la sonnerie d'appel, circuit qui est complété par les bornes S et P. Supposons que la manette occupe la position indiquée sur la figure. Un courant entrant par la borne I passe par *a*, *d*, *h*, à la borne T, et va de là à l'appareil téléphonique ; et un courant entrant par la borne II passe par *b*, *i*, *g*, l'électro-aimant I, II et

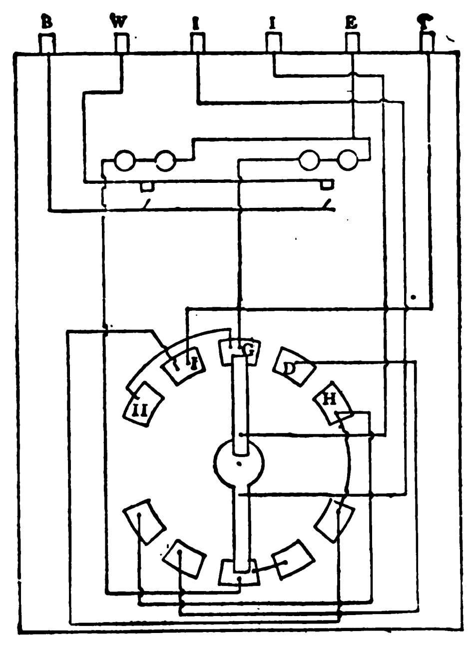


Fig. 196.

de là à travers la borne T *e* à la terre. En poussant les deux ressorts *a* et *b* sur les segments *g* et *h*, on renverse les liaisons, comme on le verra aisément en consultant la figure. Quand la manette est mise dans la position *c m*, le courant entrant par I passe par *a*, *c*, l'électro-aimant D et de là par *m* et *b* à la ligne II. La plaque de l'annonciateur au poste intermédiaire doit immédiatement après sa chute être replacée dans sa position primitive, car la sonnerie continue à marcher aussi longtemps que le disque reste abattu.

156. — Une légère modification de la disposition décrite plus haut

Digitized by Google

permet l'usage d'un appel magnéto à courants alternatifs. Une telle sonnerie n'exige pas le secours d'une pile et ne résonne que pendant le temps où l'on tourne la manivelle à la station d'appel.

Si on désire que le poste intermédiaire puisse entendre la conversation du poste extrême et du Bureau central, on fait usage

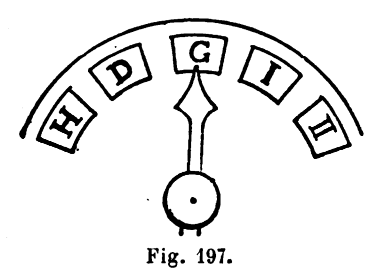


Fig. 197.

d'un commutateur à cinq contacts, dont les liaisons sont représentées par le schéma de la figure 196 et une partie du disque et de la manette par la figure 197.

BUREAUX CENTRAUX SECONDAIRES (SUB-EXCHANGES)

157. — Quelquefois un abonné désire pouvoir correspondre directement de son poste dans différentes directions. Ce serait le cas d'un négociant ayant plusieurs succursales dans la même ville et voulant relier son comptoir principal au Bureau central et aux succursales de son établissement.

Son comptoir principal dans ce cas deviendrait une sorte de station centrale secondaire, d'où les lignes rayonnent dans différentes directions. L'appareil supplémentaire prend alors la forme d'un tableau commutateur portant autant de numéros qu'il y a de fils partant de la station.

La figure 198 donne une vue perspective d'un appareil destiné à relier dix postes à une station intermédiaire. Tout en haut du tableau, il y a quinze bornes dont l'une est reliée à l'appareil de la station intermédiaire, une autre au ressort avec lequel le crochet commutateur automatique est en contact lorsque le récepteur est suspendu, une troisième à la terre, deux autres à la sonnerie

Digitized by Google

d'appel et à la pile locale, et les dix qui restent aux dix postes téléphoniques communiquant avec la station intermédiaire.

Le tableau porte également des annonciateurs en deux rangées de cinq et un peu plus bas deux avertisseurs pour annoncer la fin de la

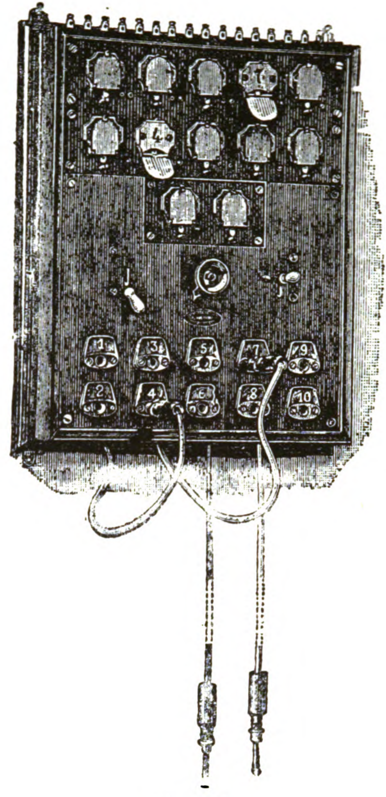


Fig. 198.

conversation. Puis viennent trois commutateurs sur une même ligne horizontale. Le commutateur central, à gros bouton, peut occuper trois positions, la droite, la gauche et la verticale. Les deux commutateurs restants ont chacun deux positions, l'une horizontale et une autre oblique. En dessous de ces commutateurs il y a dix trous correspondant aux dix annonciateurs. Deux paires de cordons, suspendus au bord inférieur du tableau et munis de fiches à leurs extrémités, complètent l'installation. Lorsque tout l'appareil est au repos, les annonciateurs ont leurs plaques levées, les commutateurs

Digitized by Google

des côtés sont dans leur position horizontale, le commutateur central indique la position de droite ou de gauche ; les cordons pendent librement. La position représentée par la figure 198 indique l'établissement de communications entre les postes n° 4 et n° 7 et permet en même temps à la station intermédiaire de constater que les deux postes peuvent correspondre.

158. — Si un réseau est tellement vaste que le nombre de fils ne peut plus trouver place dans un seul Bureau central, on conduit 500-800 fils souterrains jusqu'à un emplacement convenable situé à quelque distance du Bureau central ; là on élève une sorte de tourelle que l'on appelle station muette (*dummy station*) et de laquelle les fils divergent dans toutes les directions. On relie ces tourelles téléphoniques au Bureau central au moyen des câbles, appelés anti-inducteurs.

TÉLÉGRAMMES ET DÉPÊCHES TRANSMIS PAR TÉLÉPHONES

159. — En faisant une demande par écrit au Bureau central du téléphone ou au Bureau central des télégraphes, chaque abonné reçoit l'autorisation d'employer son appareil pour envoyer et pour recevoir ses télégrammes. Le Bureau central des télégraphes ouvre dans ce cas un compte courant avec l'abonné, que celui-ci est obligé de régler chaque mois.

Un tarif supplémentaire de 10 centimes est ajouté au tarif ordinaire pour chaque télégramme envoyé ou reçu de cette manière.

Les télégrammes, arrivant en destination et transmis par téléphone, sont ensuite encore remis par messager, si l'abonné habite dans le rayon de distribution gratuite (1 kilomètre). — S'il habite en dehors de ce rayon, ils sont remis par la poste, à moins que l'abonné ne désire les recevoir par messager spécial.

Les abonnés peuvent aussi envoyer des dépêches aux non-abonnés. Le tarif fixe est de 10 centimes plus 1 centime par mot, la somme totale étant augmentée au besoin de manière à former un multiple exact de cinq. Si la dépêche est remise en dedans du rayon, mais

Digitized by Google

en dehors des heures de distribution, il y a un extra de 1 franc à payer.

En envoyant leurs dépêches écrites au Bureau central des télégraphes, les non-abonnés peuvent les faire transmettre par téléphone, au même tarif fixe de 10 centimes augmenté d'un centime par mot.

Les télégrammes et les dépêches transmis par téléphone doivent être rédigés en français ou en allemand; ils doivent être dictés lentement et avec une pause entre tous les trois ou quatre mots.

ABONNEMENT

L'abonnement par an pour les abonnés du même réseau est de 150 francs ; ce tarif soutient bien la comparaison avec les 500 francs demandés par la Compagnie unie des téléphones de Londres, et les 300 francs demandés par la Lancashire et Cheshire Company ; de fait, l'abonnement suisse est inférieur à celui de presque toutes les compagnies de téléphones de l'Europe et même du monde entier. Pour les édifices publics, appartenant au gouvernement ou aux communes, comme aussi pour les établissements de bienfaisance, cette somme est réduite à 100 francs.

Pour des succursales, l'abonnement est de 170 francs pour la première et 100 francs pour chaque succursale de plus. Si la distance entre les différentes succursales ne dépasse pas 500 mètres, il y a pour chacune une réduction de vingt francs de plus.

STATIONS TÉLÉPHONIQUES PUBLIQUES.—TARIFS

1. — DANS UN MÊME RÉSEAU

(*a*). *Conversations.*

Un abonné communiquant avec un autre abonné paie cinq centimes pour chaque conversation de cinq minutes ou d'une fraction de cinq minutes.


Digitized by Google

Un non-abonné communiquant avec un abonné paie 10 centimes pour une conversation de cinq minutes ou d'une fraction de cinq minutes.

(*b*). *Dépêches* (télégrammes).

Pour une dépêche, on paie 20 centimes et 1 centime de plus par mot.

II. — ENTRE DEUX RÉSEAUX DIFFÉRENTS

Il n'y a que les abonnés qui puissent communiquer entre eux. Le tarif est de 30 centimes pour une conversation de cinq minutes ou fraction de cinq minutes.

ESSAI DES PILES

160. — Afin de faciliter l'essai des piles qui sont souvent la cause du fonctionnement défectueux de l'appareil, M. Rothen a

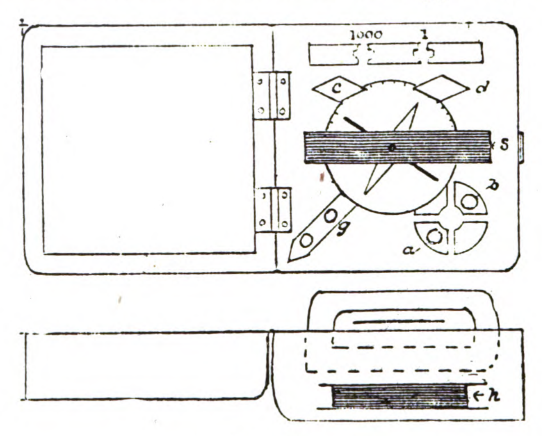


Fig. 199.

construit un instrument spécial qu'il appelle *galvanomètre pour pile* et qui est représenté en plan par la figure 199 et en perspective par la figure 200. L'aiguille est disposée au centre d'une bobine aplatie *a* (fig. 200), composée de deux sortes de fils, l'un très gros, pratiquement dépourvu de résistance qui passe une seule fois auuort

Digitized by Google

de l'aiguille ; l'autre, un fil fin et faisant 1,000 tours. Les fils venant de l'élément à essayer sont fixés aux bornes *b* et *c*. La cheville *d* agit à la manière d'un inverseur de courant ; c'est-à-dire que, dans l'une des positions de la cheville, le courant passe autour de la bobine dans un certain sens, et que, si on tourne la cheville d'un angle de 90°, le courant circule en sens contraire. L'autre cheville *e* sert à fermer le circuit. Quand on l'enfonce dans le trou marqué F E, l'instrument mesure la force électro-

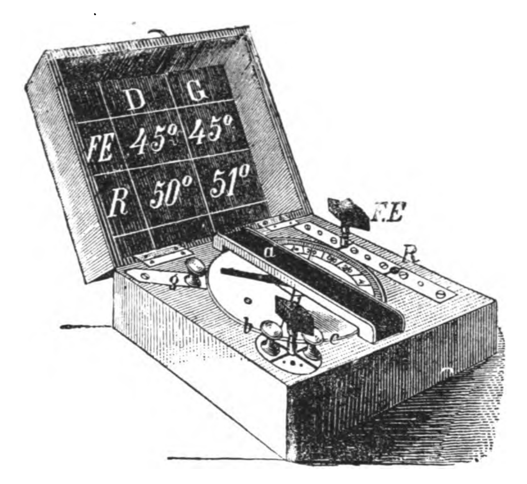


Fig. 200.

motrice de l'instrument, tandis que, quand on l'introduit dans R, il détermine sa résistance intérieure. Ces méthodes sont fondées sur la disposition suivante. En F E les 1.000 spires sont mises en circuit ; mais en permettant simplement au courant de traverser ces 1.000 spires, l'aiguille serait brusquement déviée à 90° environ. Pour éviter cette déviation brusque, on ajoute au galvanomètre une bobine supplémentaire de résistance élevée (fig. 199 en *h*) et on la dispose parallèlement au plan d'oscillation de l'aiguille. Elle est reliée à la bobine de 1.000 spires de façon que chaque courant qui traverse la dernière passe aussi par le bobine auxiliaire, dont la résistance s'ajoute par suite à la sienne.

La bobine auxiliaire reçoit une résistance telle que le courant d'un bon élément Leclanché, en la traversant après avoir passé par la bobine de 1.000 spires, dévie l'aiguille du galvanomètre

Digitized by Google

d'environ 45° En prenant cette mesure, on peut négliger la résistance intérieure de l'élément eu égard à la résistance du galvanomètre. Chaque galvanomètre de pile est gradué avec soin avant d'être employé et le résultat est indiqué sur le couvercle intérieur de la boîte. On détermine également les déviations obtenues quand la cheville est introduite dans le trou marqué R et qu'un élément normal de 0,75 ohm de résistance intérieure est employé : ce chiffre encore est marqué sur le couvercle intérieur. Pour essayer un élément avec un galvanomètre ainsi gradué, on introduit d'abord la cheville en R. Si la déviation atteint approximativement les constantes normales pour R, inscrites sur le couvercle, tout est en règle : la force électromotrice et la résistance sont normales; mais quand la déviation est sensiblement faible, on enfonce la cheville en FE. Si, dans ces nouvelles conditions, la déviation atteint les normales, la force électromotrice est bonne, mais la résistance intérieure est trop élevée; si, au contraire, la déviation est trop faible, c'est la force électromotrice qui est en défaut.

Le tableau suivant donnera une idée de l'étendue actuelle des communications téléphoniques en Suisse :

RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES SUISSES EXISTANTS (30 SEPTEMBRE, 1886) ARRANGÉS PAR NOMBRE D'ABONNÉS

GROUPES de Réseaux	Réseaux	Bureaux centraux	Postes d'abonnés	CONVERSATIONS en Août		LIGNES mètres	FILS mètres
				Locales	Avec d'autres réseaux		
Lac de Genève.	8	6	2.021	267.869	7.959	487.177	2.770.180
Zurich........	14	15	1.419	161.627	8.536	407.392	1.625.220
Berne.........	8	14	890	56.159	3.790	275.368	837.123
Bâle..........	2	9	731	65.082	672	171.478	796.550
Saint-Gall.....	4	6	394	42.816	2.111	168.025	609.237
Indépendants..	3	—	123	3.095	—	62.638	105.127
Total.....	39	50	5.578	596.728	23.068	1.572.078	6.833.437

Plusieurs lignes nouvelles ont été ajoutées depuis, parmi lesquelles sont celle de Colombin et Burgdorf, dans le groupe de Berne, celle de Auran dans le groupe de Zurich, celle de Glaris,

Digitized by Google

une ligne indépendante, et plusieurs autres. Le système Van Rysselberghe, que nous décrirons dans un des chapitres suivants, a été adopté entre Genève, Nyoa, Morges, Lausanne et Vevey, entre Zurich et Männedorf et récemment aussi entre Bâle et Zurich.

Digitized by Google

CHAPITRE XVIII

BUREAUX CENTRAUX

(*a*). — SYSTÈME DE LAW

161. — Ce système inventé par M. Franck Shaw, Ingénieur de la Compagnie du *Law Télégraph*, de New-York, est appliqué à l'exploitation de quelques réseaux à New-York et à Brooklyn,

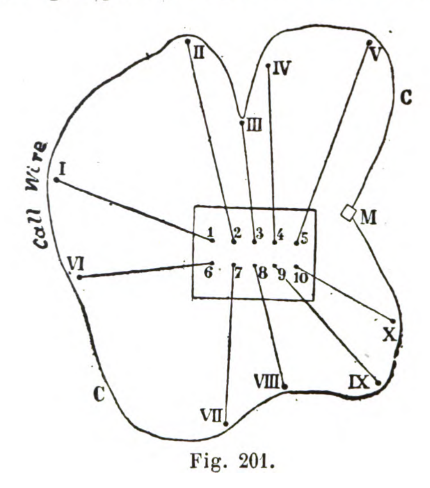


Fig. 201.

dont les Bureaux centraux sont reliés, au moyen de lignes auxiliaires, à ceux de la Compagnie du *Metropolitan Telephone and Telegraph*, ce qui permet aux abonnés des deux compagnies de communiquer entre eux.

Les appareils téléphoniques employés par la Compagnie du *Law Telegraph* sont le transmetteur Blake et le récepteur Bell.

Comme dans tous les autres systèmes en usage à New-York,

Digitized by Google

chaque abonné est relié au Bureau central au moyen d'un seul fil.

Au Bureau central, les lignes aboutissent à des cordons souples, munis de fiches métalliques, qui sont disposées au centre de la table de communication.

La trait caractéristique de ce système consiste dans l'usage d'un fil spécial C (fig. 201), connu sous le nom de *fil d'appel* (*call wire*), qui relie un certain nombre d'abonnés (généralement 130), et

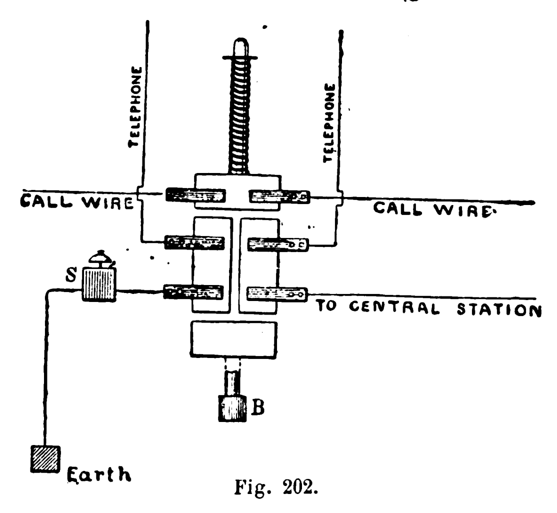


Fig. 202.

après avoirpassé par les appareils du réseau, retourne au téléphone M du Bureau central, où un employé est toujours occupé à écouter les instructions transmises par ce téléphone.

Lorsque l'un des abonnés désire appeler, il intercale son téléphone dans le circuit du fil C et alors il peut communiquer directement avec le téléphone M du Bureau central, où l'employé tient constamment le récepteur appliqué à son oreille.

Il est convenu que l'abonné pour appeler doit seulement donner son numéro et celui de l'abonné auquel il désire parler.

L'employé alors prend la fiche du numéro demandé, l'appuie contre un plaque reliée à la pile et fait ainsi marcher la sonnerie de l'abonné appelé.

Il introduit alors les deux fiches dans une barre métallique et les deux abonnés sont en communication.

Lorsque la conversation est finie, les deux abonnés se placent

Digitized by Google

de nouveau sur le fil d'appel C et avertissent l'employé de rompre la communication. On voit que ce système dispense totalement de l'usage des indicateurs. L'employé tient le téléphone fixé à son oreille, au moyen d'un ressort qui lui entoure la tête, et il écoute continuellement les instructions données sur le fil d'appel. Il a les deux mains libres pour établir les communications de commutateurs. Un seul employé suffit généralement à 100-130 abonnés. Naturellement, pour rendre le service efficace, l'employé doit être

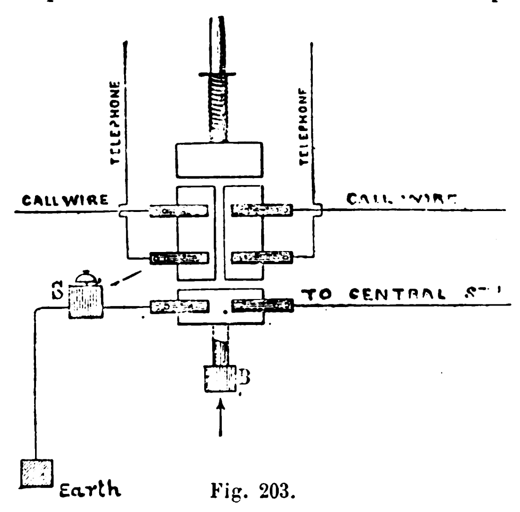


Fig. 203.

une personne exercée qui ne confonde pas les appels nombreux simultanés.

Un autre trait caractéristique de ce Bureau est un commutateur spécial qui sert à mettre le téléphone sur le fil d'appel.

Les figures 202 et 203 indiquent le montage de ce commutateur.

La figure 202 donne les liaisons à l'état de repos. Le fil venant du Bureau central passe par le commutateur du téléphone (qui met le téléphone en court circuit), par la sonnerie d'appel et va ensuite à la terre. Un courant envoyé du Bureau fait donc marcher la sonnerie. Le fil d'appel passe directement à travers la station.

La figure 203 indique les connexions du commutateur lorsque l'abonné désire appeler le Bureau central.

Dans ce cas, la ligne de l'abonné est mise hors circuit et le téléphone est sur le circuit du fil d'appel.

Digitized by Google

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les lignes des abonnés se terminent au Bureau central par un cordon souple, portant au bout une fiche métallique. Au centre de la table de communication (fig. 204) sont fixés des tubes de cuivre qui sont isolés entre eux. Les fils de ligne aboutissent à la masse de ces tubes et le cordon, pourvu d'un contrepoids, est tout entier à l'intérieur du tube, le contact étant assuré par un ressort qui presse contre les côtés du tube.

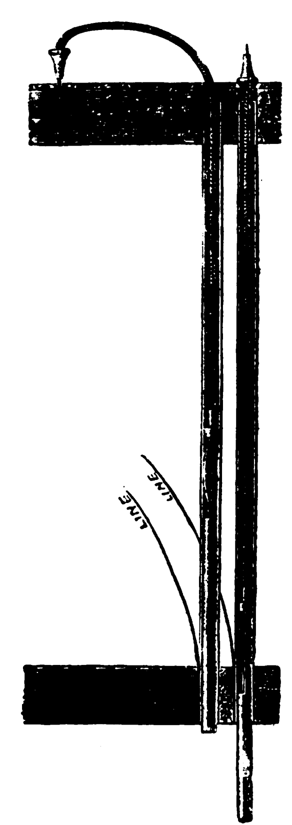


Fig. 204.

Récemment la Law Telephone C° a introduit des commutateurs du système multiple, au moyen duquel un seul et même employé peut relier directement ensemble deux abonnés sans le secours d'aucun intermédiaire. Ils sont semblables en principe au commutateur de la Western Electric C° que nous décrirons plus tard.

SYSTÈME DE MANN[1]

162. — Ce système est une modification du système de Law et a fonctionné d'une manière satisfaisante pendant les cinq dernières années dans le district de Dundee, sous la direction de la Compagnie Nationale des Téléphones. Nous venons de montrer que dans le système de Law, chaque abonné, outre qu'il est relié par un fil direct au Bureau central, peut, en poussant la manette d'un commutateur, placer son instrument sur un fil commun; celui-ci, partant du Bureau central, va de poste en poste et revient enfin au Bureau central après avoir mis en communication les instruments de tous les abonnés. Mais ce long circuit sur lequel les abonnés ont à intercaler leurs instru-

[1] *Engineering*, 25 mars 1887.

Digitized by Google

ments est sujet, comme le prouve l'expérience, à des dérangements provenant de diverses causes; comme le système ne fournit pas d'autres moyens de correspondre avec le Bureau central, la mise hors d'usage de ce circuit entraîne une suspension du service, qui peut durer parfois plusieurs heures. La rupture du fil d'appel ou une interruption de contact sur l'un des nombreux instruments à travers lesquels il passe, met hors de service tout le réseau greffé sur le fil.

Le système de Dundee échappe à ces inconvénients, tandis qu'il conserve tous les avantages de la méthode de Law. Chaque abonné

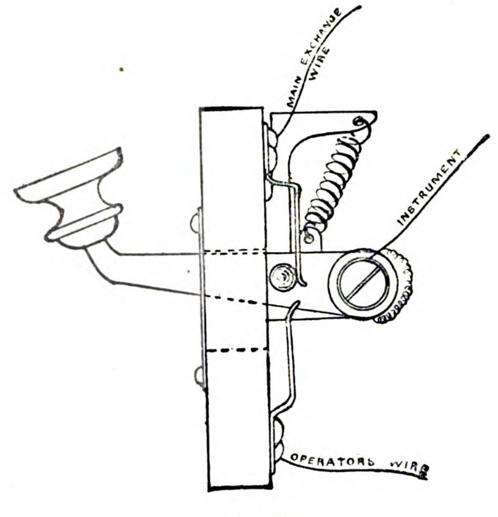


Fig. 205.

est sur le fil d'appel, et il est en outre pourvu d'un indicateur à plaque ordinaire, qui est destiné à être employé seulement dans le cas où le fil de l'employé serait hors de service. Le fil d'appel ne fait pas non plus le tour des postes de tous les abonnés; mais, partant du Bureau central, il se rend à un point situé autant que possible au milieu du groupe de 50 à 90 abonnés qu'il est destiné à desservir. Il ne revient pas au Bureau central, mais se termine brusquement en un point situé à une distance quelconque de ce dernier.

A chaque poste d'abonné, à droite et à gauche de ce fil d'appel, on détache un branchement en forme de boucle, qu'on met en

Digitized by Google

communication avec le contact inférieur d'une clef de commutateur, fixée sur l'instrument de l'abonné.

La figure 205 représente ce commutateur. Le levier de la clef est relié d'une manière permanente à la terre par l'intermédiaire de l'instrument, et le contact supérieur à la ligne principale de l'abonné qui va au Bureau central *(Main exchange wire)*. Le levier est maintenu contre le contact supérieur au moyen d'un ressort à boudin, de façon que l'instrument est normalement en communication avec la ligne principale du Bureau central.

Le fonctionnement ordinaire est le même que dans le système

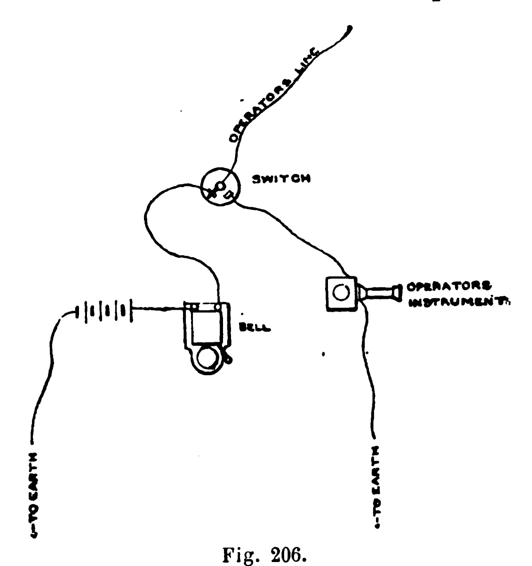


Fig. 206.

de Law. Au Bureau central, pour chaque groupe de 50-90 abonnés, il y a un employé qui écoute continuellement au téléphone relié au fil de l'employé, c'est-à-dire au fil d'appel de ce groupe *(operator's wire)*. Il s'ensuit que l'abonné, en appuyant sur sa clef, se trouve du même coup en communication avec l'employé, et n'a, sans devoir recourir à aucun signal ou appel préalable, qu'à donner son propre numéro et celui de l'abonné dont il a besoin. Par exemple n° 25, désirant parler à n° 600, appuierait sur sa clef et dirait : 25 à 600. L'employé, par un mot, accuse réception de l'ordre, et établit immédiatement la communication. N° 25 relève sa clef, tourne la manivelle de son magnéto, et fait marcher la sonnerie

Digitized by Google

du n° 600. Supposons qu'il n'obtienne pas une réponse immédiate ; il peut, en appuyant de nouveau sur sa clef, s'informer auprès de l'employé si la jonction a été effectuée en règle, ou poser toute autre question qu'il juge nécessaire. Après avoir terminé sa conversation, n° 25 pousse encore une fois sa clef et dit à l'employé « 25 a fini », ou s'il a besoin d'un autre abonné, « 25 à 92 ».

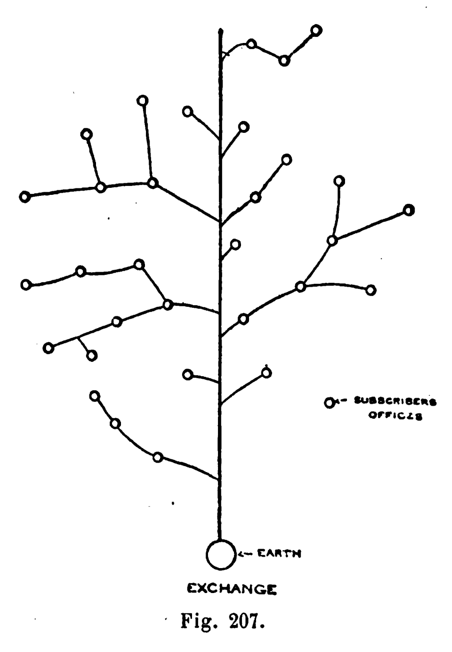


Fig. 207.

Dans le premier cas, l'employé enlève simplement le cordon reliant 25 à 600 ; dans le second cas, il prend l'un des bouts du cordon et le transporte à 92. Il arrive fréquemment que deux, trois ou même quatre abonnés poussent leurs clefs en même temps, mais les instructions à donner à l'employé, ne consistant généralement qu'en deux ou trois mots, prennent si peu de temps qu'il n'en résulte pas d'inconvénients : les abonnés se sont faits à l'habitude d'attendre quelques secondes, s'ils trouvent en poussant leur clef qu'un autre abonné occupe la ligne.

163. — Si le fil d'appel a souffert d'un accident, l'abonné découvre le fait immédiatement, car en poussant sa clef, il ne reçoit pas de réponse du Bureau central. Dans ce cas, comme il a un

Digitized by Google

indicateur sur sa ligne principale vers le Bureau central, il peut s'en servir pour donner un signal au moyen de son appel magnéto, et le service se fait d'après la méthode ordinaire jusqu'à ce que le défaut ait été réparé.

L'employé cesse d'écouter constamment au téléphone après

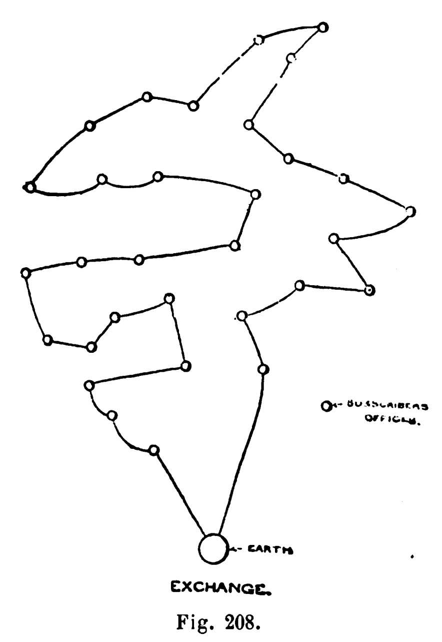


Fig. 208.

9 heures et demie du soir, les appels des abonnés devenant alors moins fréquents. Après cette heure, jusqu'à 8 heures du matin, une pile et une sonnerie sont mises en circuit au Bureau central avec chaque ligne d'appel, comme le représente la figure 206 ; de cette manière, un abonné quelconque, en poussant sa clef, met du même coup la ligne à la terre et fait marcher la sonnerie. Aussi longtemps qu'aucune des clefs n'est abaissée, la ligne de l'employé est isolée de la terre à tous les points excepté au Bureau central : aucun courant ne passe donc, avant qu'une clef soit abaissée.

Les figures 207 et 208 représentent des groupes de postes (indiqués par de petits cercles), reliés respectivement d'après les systèmes de Law et de Mann. On n'y voit pas la ligne principale qui, en réalité, relie chaque abonné au Bureau central, mais seule-

Digitized by Google

ment les fils d'appel. En comparant les deux figures, on voit immédiatement que dans le système de Law, une faute à un poste quelconque ou sur le fil d'appel lui-même entraîne la mise hors de service du groupe entier, et que dans le système de Mann au contraire une faute à un poste quelconque ne peut avoir les mêmes conséquences que pour ce seul poste ou pour quelques postes de plus seulement; même une faute sur le circuit principal d'appel ne peut endommager qu'une partie du groupe.

L'expérience prouve que les indicateurs qui ont été jusqu'ici intercalés dans chaque circuit d'abonné ne sont réellement pas nécessaires pour que le système fonctionne d'une manière satisfaisante; depuis qu'il a été introduit à Dundee en 1882, on ne s'est pas encore trouvé dans la nécessité de s'en servir. Si on les retire du réseau on peut par là même retirer également aux postes des abonnés les piles qui les actionnent et cette simplification entraîne une économie considérable dans les frais d'installation et d'entretien.

164. — Les commutateurs, en usage actuellement sur les instruments des abonnés, ont été imaginés par Miller, du Bureau central de la Compagnie Nationale des Téléphones à Dundee. Ils sont représentés par les figures 209 et 210.

La manette du commutateur de droite C est maintenue dans sa position normale (fig. 209) au moyen d'un ressort, et celle du commutateur de gauche T, au moyen du poids du récepteur téléphonique, lorsque l'instrument est au repos. Les positions alternatives sont représentées (fig. 210). Dans sa position normale, C relie les instruments à la ligne de l'abonné; lorsqu'on tourne la manette dans la position indiquée sur la figure 210, les instruments de l'abonné sont reliés au fil de circuit. Le commutateur T sert simplement à mettre les appareils de conversation ou d'appel en circuit de la manière ordinaire.

Au Bureau central, le long des rangées de trous de commutateurs, est disposée une lame de laiton, qui se termine tout près des ressorts, mais sans les toucher cependant, comme le montre la figure 211 en *a*. Toutes ces lames sont reliées à un générateur magnéto-électrique dont l'autre extrémité de circuit est à la terre

Digitized by Google

et qui est toujours tenu en mouvement au moyen d'une petite turbine. Chacune des fiches de liaison a sa pointe revêtue d'un morceau de laiton, isolé de la plaque de liaison de la fiche (*b*,

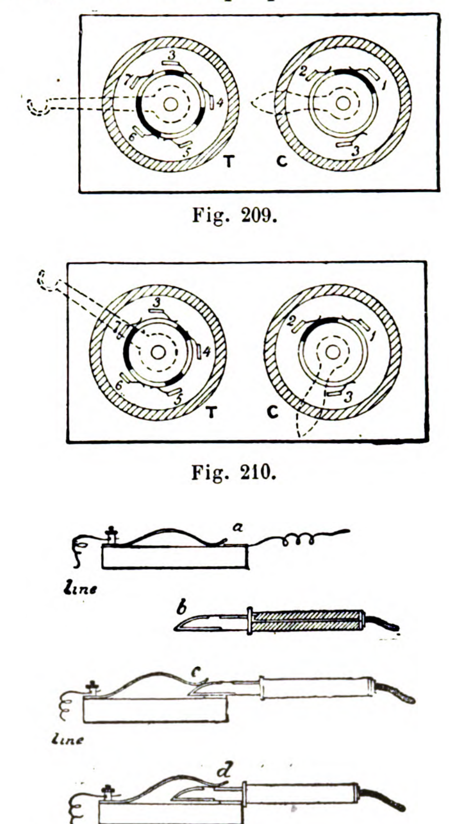


Fig. 209.

Fig. 210.

Fig. 211.

fig. 211). Si la fiche est enfoncée partiellement, comme le montre la figure 211 en *c*, le générateur lancera un courant sur la ligne et fera ainsi marcher la sonnerie de l'abonné; mais quand la fiche est enfoncée jusqu'au petit épaulement, comme en *d*, c'est la liaison ordinaire pour établir les communications directes, qui est effectuée.

Les opérations nécessaires pour obtenir les communications se font de la manière suivante. L'abonné A se place sur le fil de circuit, en tenant la manette du commutateur C dans la position

Digitized by Google

indiquée sur la figure 210, puis enlevant son récepteur téléphonique, il dit simplement : « A direct à B » (A *through to* B). Dès qu'il lâche la manette de son commutateur C, son instrument est de nouveau dans le circuit de sa propre ligne. Dans l'entre-temps, l'employé au Bureau central a introduit une fiche dans le trou de commutateur de A, et la fiche correspondante dans le commuta-

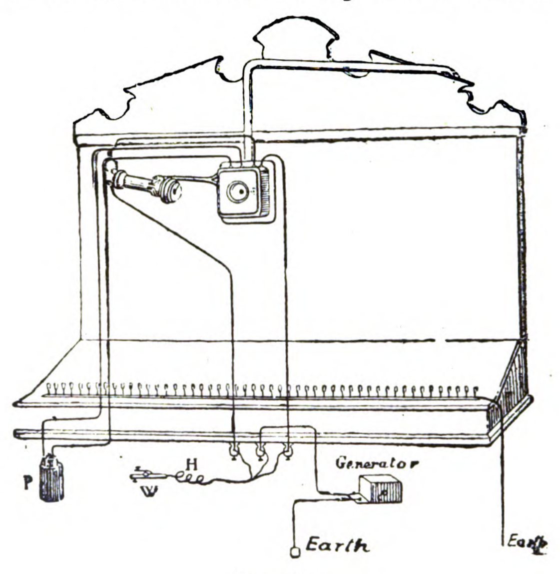


Fig. 212.

teur de B, faisant une courte pause dans le dernier cas, pendant que la cheville est dans la position *c* (fig. 211). B est donc appelé et en décrochant son téléphone récepteur, il se trouve en communication avec A. Si B ne répond pas, A n'a qu'à tourner son commutateur d'appel C et prier l'employé d'envoyer un autre appel à B ; il lui suffit pour cela de retirer la fiche partiellement, puis de l'enfoncer de nouveau à fond pour rétablir la communication. A la fin de la conversation, A tourne encore une fois son commutateur d'appel et dit : « A et B ont fini » (A *and* B *off*).

c. — SYSTÈME GILLILAND

Le tableau commutateur Gilliland, qui est représenté schématiquement par la figure 212 et en perspective par la figure 213, est fort répandu en Amérique.

Digitized by Google

Les lames ondulées (fig. 214), qui s'étendent de l'avant à l'arrière par groupes de dix sont celles où aboutissent les lignes. Celles qui sont disposées parallèlement à la face antérieure par groupes de cinq servent à établir les liaisons. La lame B est em-

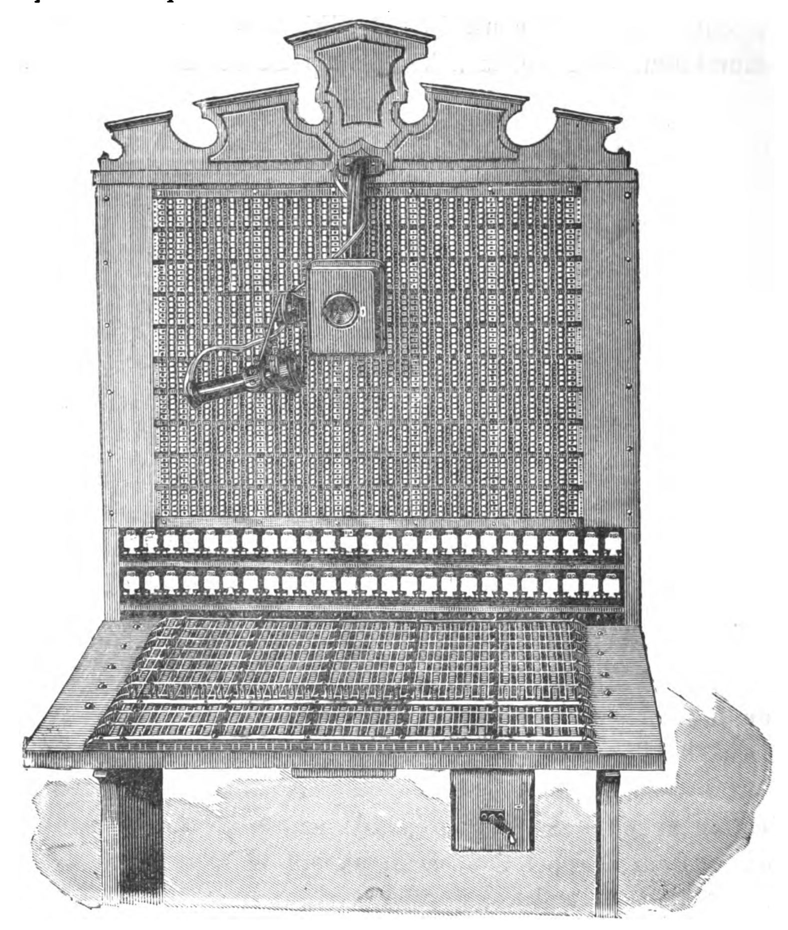


Fig. 213.

ployée pour relier toutes les lignes à la terre. La lame C est en relation avec le générateur. La lame D s'emploie pour mettre en circuit la lame du téléphone. La lame de ligne L est reliée au téléphone. Le groupe de lames E sert à établir les liaisons qui commencent et finissent sur le même tableau : les fiches H et I montrent que les n°s 4 et 7 sont en communication. Le groupe de

Digitized by Google

lames F sert à établir les liaisons qui commencent sur ce tableau et se terminent sur un autre : la fiche G montre que le n° 9 a

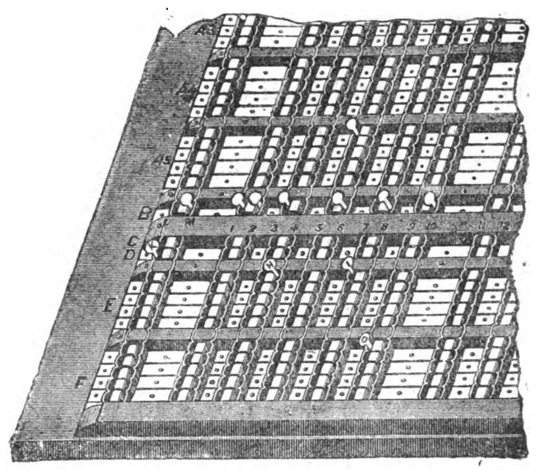


Fig. 214.

donné l'appel et a été relié à un numéro sur un autre tableau.

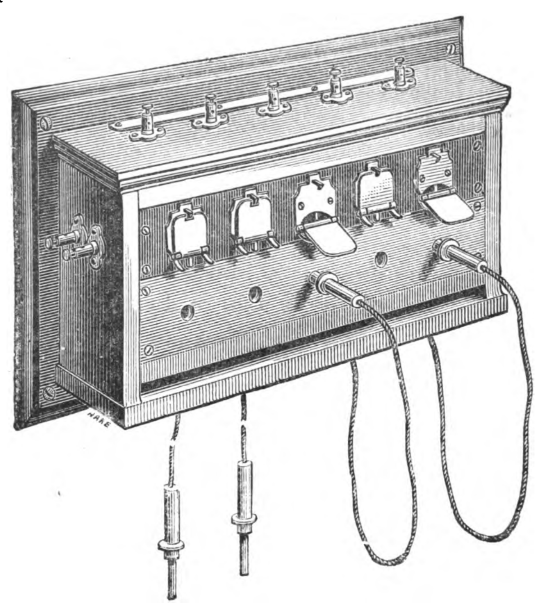


Fig. 215.

Réciproquement, les groupes A_3 A_4 A_5 servent à donner les communications, lorsqu'un numéro, placé sur un autre tableau,

Digitized by Google

demande un numéro placé sur celui-ci. Chaque groupe représente un autre tableau, mais les liaisons du tableau sont arrangées de manière que si plus de cinq lames de liaison étaient requises pour un seul tableau, on peut en emprunter aux groupes voisins. La fiche N montre un appel parti d'un autre tableau relié à n° 5. L'employé peut toujours écouter en effectuant au moyen d'une fiche la jonction entre L et toute autre lame. A l'état de repos, toutes les lignes doivent être à la terre, il faut donc les relier par un fiche à la lame de terre B.

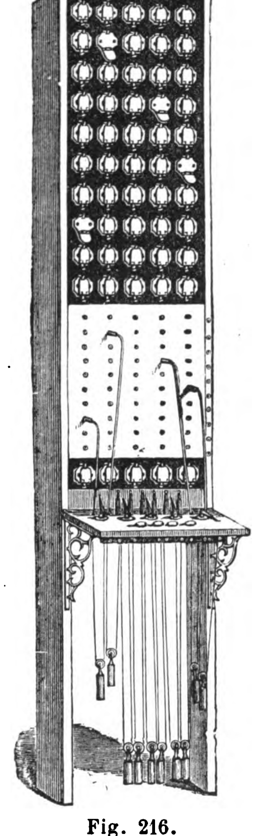
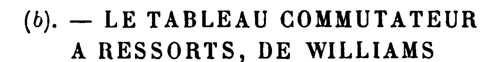


Fig. 216.

La figure 215 représente un tableau Gilliland pour 5 lignes, constituant un Bureau central téléphonique complet pour un petit nombre de fils. Ils est destiné aux usines, à des institutions charitables, aux bureaux des chemins de fer et aux cercles de petites villes et de villages. La manœuvre à faire sur ce tableau consiste simplement à enfoncer des fiches dans les trous de commutateurs des abonnés qui désirent communiquer ensemble.



(*b*). — LE TABLEAU COMMUTATEUR
A RESSORTS, DE WILLIAMS

166.— M. Ch. Williams, de Boston, Mass., fut l'un des premiers électriciens, qui s'occupèrent de l'installation des Bureaux centraux téléphoniques, et son tableau commutateur est extrêmement répandu en Amérique.

En principe, le tableau de Williams ne diffère en rien de celui connu sous le nom de *Commutateur Suisse*. — La figure 216 représente en élévation un tableau pour 50 abonnés.

Les trous de commutateurs servant à donner les communications sont disposés en partie sur un panneau vertical et en partie sur une table inclinée.

Digitized by Google

En outre, ils sont divisés en groupes de quatre, indiqués par des lettres majuscules des deux côtés du panneau et de la table.

Les 50 annonciateurs se trouvent en deux rangées au-dessous du panneau vertical. Les annonciateurs eux-mêmes sont construits comme ceux du système suisse.

Le transmetteur Blake et le téléphone récepteur dont se sert

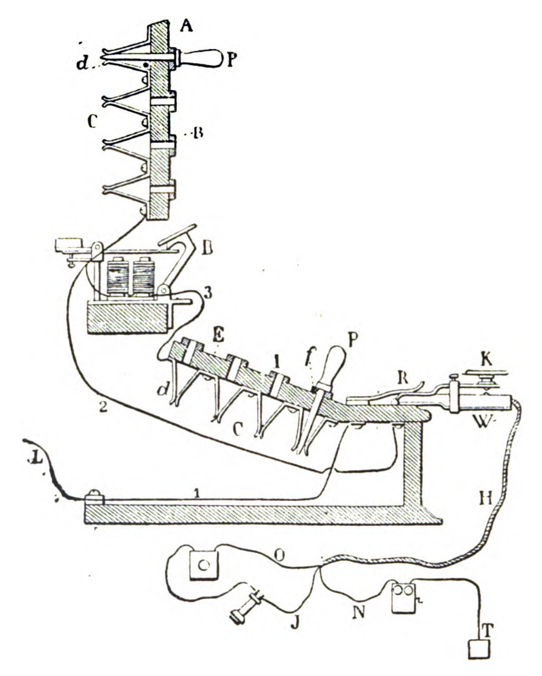


Fig. 217.

l'employé sont fixés sur un levier que l'on dispose de sorte que l'employé puisse les manier commodément.

La figure 217 donne la coupe à travers le tableau. On voit que les barres verticales du tableau suisse sont remplacées par une série de ressorts recourbés *d*, qui s'appuient l'un sur l'autre et forment ainsi un conducteur se développant de haut en bas du tableau. C'est l'emploi de ces ressorts qui a fait donner le nom de *spring switch* au commutateur de Williams.

La ligne L de l'abonné entre par le fil n° 1 dans le ressort R, de là (supposant que la fiche W est enlevée) dans l'électro-aimant de l'annonciateur D ; puis, passant dans le ressort *d*, elle se rend

Digitized by Google

enfin par la fiche P à la barre horizontale *f* qui communique avec la terre.

Les ressorts du panneau vertical B communiquent par un embranchement avec la même ligne.

Comme on le voit sur la figure, toutes les fiches P sont disposées à l'état de repos dans une barre verticale qui communique avec la terre.

Dès qu'un abonné a appelé et que l'annonciateur portant son numéro est tombé, on introduit dans le serre-joint correspondant R la clef spéciale W, qui introduit

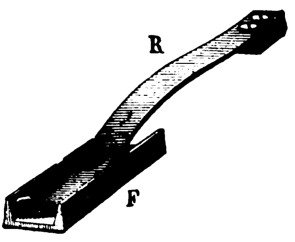


Fig. 219.

dans le circuit le téléphone et le microphone de l'employé.

Fig. 218.

Cette clef et le serre-joint sont représentés par les figures 218 et 219. Sur un morceau de fibre vulcanisée sont fixées deux lames métalliques *rr'*, isolées l'une de l'autre, mais communiquant, dans la position normale, avec les deux fils de l'appareil téléphonique de l'employé. Quand celui-ci enfonce cette clef dans le serre-joint R, entre le ressort et le support F, il introduit dans le circuit l'appareil téléphonique de l'abonné et ce dernier peut maintenant annoncer le numéro avec lequel il veut correspondre. L'employé introduit alors la clef W dans le serre-joint correspondant et appuie sur la clef K, qui envoie le courant du générateur sur la ligne et fait marcher la sonnerie de l'abonné appelé.

Aussitôt qu'il a reçu la réponse, il met les deux abonnés en communication en enfonçant les deux fiches correspondantes sur la même barre horizontale.

Digitized by Google

(e). — SYSTÈME TÉLÉPHONIQUE DE NAGLO FRÈRES[1]

167. — Ce système a été imaginé par MM. Naglo frères, de Berlin.

Il comprend un tableau commutateur avec des disques d'annonciateurs pour le Bureau central et un générateur spécial de courants alternatifs pour chaque abonné.

La figure 220 représente un trou de commutateur en coupe

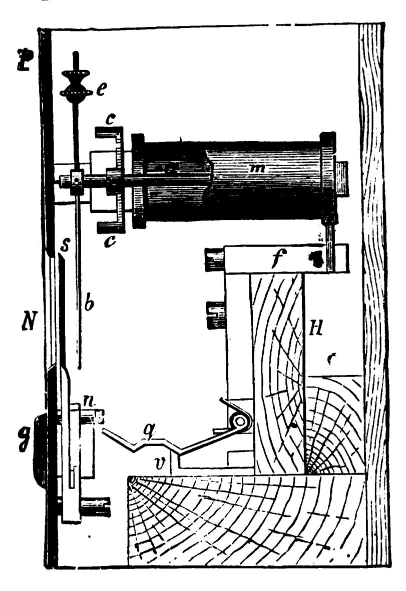


Fig. 220.

et un annonciateur; la figure 221 donne la forme générale du tableau. Sur l'axe *a* pivotant entre deux points, est fixé le disque-signal *b* et derrière lui l'aimant *c*. L'axe est disposé parallèlement aux noyaux des électro-aimants *mm* qui sont fixés à la plaque P. L'aimant *c* peut donc s'approcher de l'une ou de l'autre des pièces polaires de l'électro-aimant *mm*.

Le disque-signal est équilibré au moyen du poids *e* et du bras *d*, de manière à pouvoir prendre l'une ou l'autre position.

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, n° 1, 1886.

Digitized by Google

Dans la position, figure 222, le disque a été amené par le courant d'appel en face de l'ouverture N et il conserve cette position en sorte qu'il sera maintenant visible pour l'employé.

Un courant en sens contraire ramène le disque dans la position

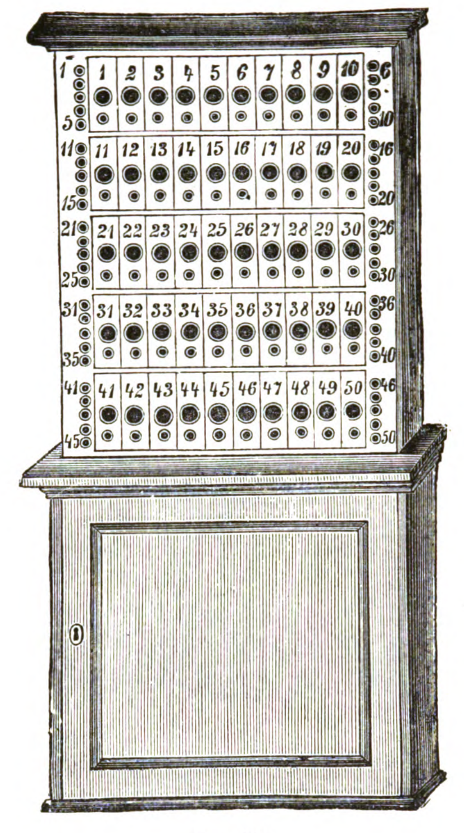


Fig. 221.

(fig. 223). Afin que les signaux soient bien visibles, le disque est blanc et le fond noir.

Pour éviter les oublis ou les pertes de temps quand plusieurs abonnés demandent à la fois à être mis en communication, on a disposé derrière le trou du commutateur un appareil qui indique à l'employé les communications déjà faites; dès que la fiche a été introduite dans l'ouverture *g* (fig. 220 et 222), le levier articulé *n* est soulevé et le signal *s* coloré en rouge vient marquer le tiers

Digitized by Google

du disque *b* (fig. 222). En retirant la fiche, le signal *s* disparaît de nouveau.

Les différentes couleurs ont les significations suivantes :

Champ noir : position de repos.

Champ blanc : appel.

Champs rouge et blanc : communication établie.

Champs noir et rouge : communications à rompre.

La fonction de l'employé au Bureau central se borne donc à établir les communications.

Dans ce système disparaît entièrement la chute répétée des

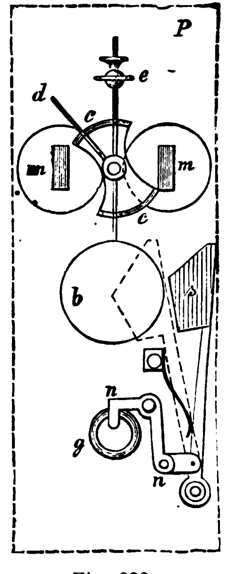


Fig. 222.

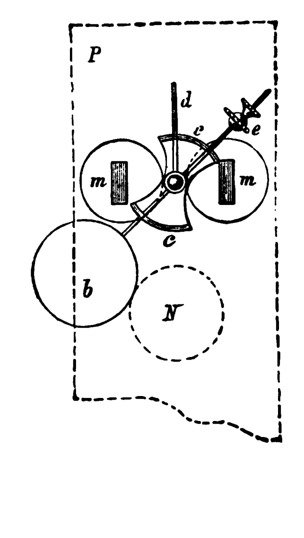


Fig. 223.

numéros qui est si fatigante dans la plupart des autres systèmes et qui dans quelques-uns se présente chaque fois qu'un abonné est obligé d'appeler l'autre station, ce qui peut arriver à diverses reprises.

Le mécanisme, qui est fixé à la plaque P, peut, comme dans d'autres appareils, être enlevé séparément pour chaque ligne, tandis que la partie du mécanisme qui est fixée au bloc H demeure en place ; la communication de l'électro-aimant *mm* avec la ligne est faite au moyen de ressorts en laiton *f* (fig. 220).

La figure 224 montre le poste de chaque abonné ; l'embouchure

Digitized by Google

en métal U est en relation avec le transmetteur ; le poste comporte en outre deux téléphones récepteurs, F_1 et F_2, un commutateur, une sonnerie et un paratonnerre.

L'appel se fait en tournant à droite la poignée *k* ; la lettre A disparaît et S apparaît : au Bureau central apparaît le disque blanc. Lorsque la conversation est terminée, on tourne *k* dans la direction inverse : la lettre A redevient visible, tandis que S disparaît et le disque blanc au Bureau central

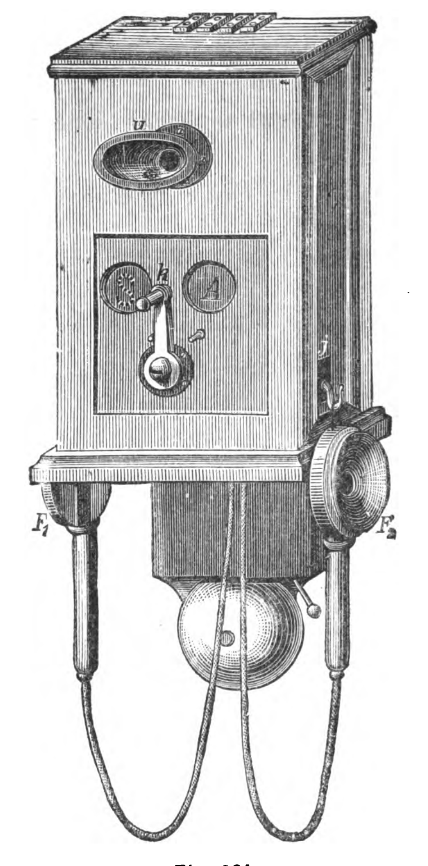


Fig. 224.

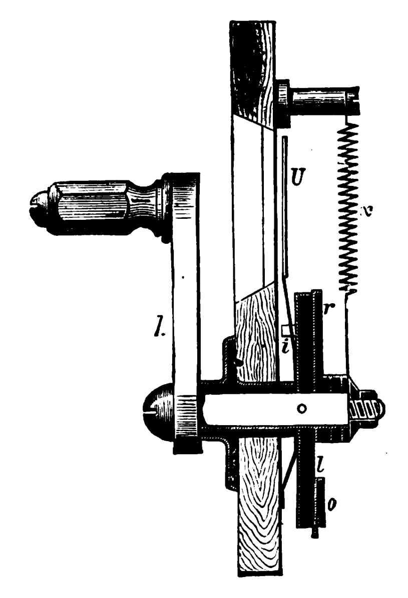


Fig. 225.

également. Les deux lettres A (*Anruf*, allemand pour *appel*) et S (*Schluss*, allemand pour *fin*) montrent aux abonnés si les signaux ont été bien faits.

Le commutateur est représenté par les figures 225 et 226. Le disque *l*, en matière isolante, porte deux plaques en laiton *r* et *o*, isolées également l'une de l'autre. Les ressorts f_1 f_1 sont en communication avec le pôle négatif et f_2 f_2, avec le pôle positif. Si par exemple on tourne *k* à gauche (fig. 225), le courant négatif va de f_1

Digitized by Google

à r_1 et de là par h_1 h_2 et x x à la ligne L, et le courant positif va par f_2, o et f_3 à E, qui est en communication avec la terre.

En même temps, f_3 a quitté la petite saillie sur laquelle il repose,

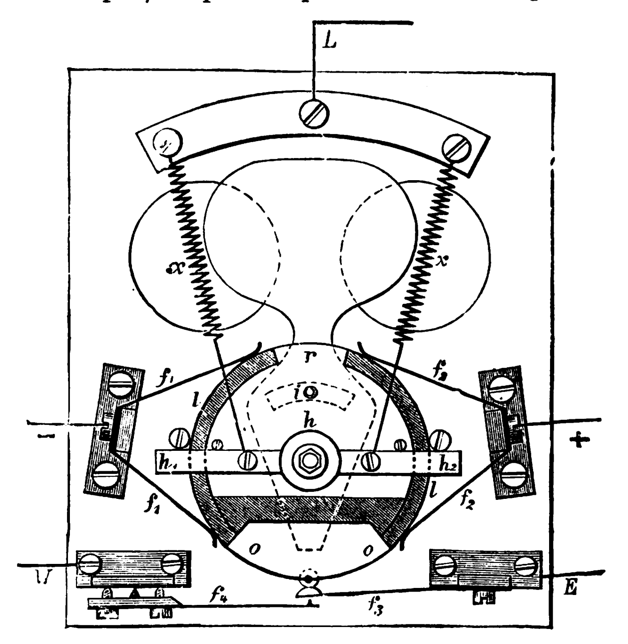


Fig. 226.

et frotte sur le bord même de la plaque de laiton o, ce qui coupe la communication entre f_3 et f_4 et interrompt par suite la communication de la sonnerie avec la terre. Ainsi on ne sonne qu'au poste appelé, la sonnerie étant intercalée entre L et W.

Le disque-signal U (fig. 225) est entraîné par le doigt i, ce qui masque la lettre A.

Les ressorts x x ramènent toujours le commutateur dans sa position normale, ce qui met toujours en circuit ouvert l'unique pile dont on a besoin.

(*f*). — SYSTÈME CHINNOCK

168. — Des onze Bureaux centraux qui dépendent de la Compagnie Métropolitaine des Téléphones et des Télégraphes de New-York, il

Digitized by Google

y en a cinq qui fonctionnent d'après ce système et un sixième d'après une modification de ce système. Son usage étendu lui donne donc droit à une notice, mais comme il ne contient pas de principe essentiel qui n'ait déjà été décrit, une longue description n'est pas nécessaire.

Le tableau commutateur lui-même est construit d'après le principe du commutateur suisse, connu généralement en télégraphie sous le nom de *Umschalter switch.* Horizontalement en travers de la face antérieure du tableau sont disposées des lames de laiton, larges d'environ 1/2 pouce (12,6 millimètres et isolées entre elles. Il y a une centaine de ces lames, groupées deux à deux. Elles sont occupées par des rangées de trous, distants l'un de l'autre de $\frac{1}{2}$ pouce, de centre à centre, et formant sur l'ensemble des lames des rangées verticales. Immédiatement derrière ces trous sont fixées des lames verticales également en feuille de laiton ; elles sont placées avec une inclinaison telle qu'une cheville métallique enfoncée dans l'un des trous sur le devant du tableau appuie sur la lame de laiton du côté opposé et établit ainsi une communication métallique entre l'une des lames horizontales sur le devant et l'une des lames verticales derrière le tableau.

On voit que cette disposition permet de relier chaque ligne verticale avec l'une quelconque des lames de laiton sur le devant du tableau. Les fils des divers abonnés aboutissent aux lames verticales portant des numéros correspondants sur le tableau commutateur.

La manipulation du commutateur est très semblable à celle du tableau commutateur de Williams, décrit au § 166.

Digitized by Google

CHAPITRE XIX

TABLEAUX COMMUTATEURS MULTIPLES

TABLEAU COMMUTATEUR MULTIPLE WESTERN ELECTRIC

169. — Le tableau commutateur multiple (multiple switchboard) fut décrit par le dernier « Congrès téléphonique » d'Amérique, comme se rapprochant le plus d'un système parfait. On l'adopte maintenant dans tous les grands bureaux centraux aux Etats-Unis et en Angleterre.

Les communications sont faites comme dans les anciens bureaux ; mais elles peuvent être données en moins de temps ; l'employé n'a pas besoin de se déranger de son tableau, il n'y a pas de conversation au bureau, et la distribution des fils est très claire, quoique compliquée.

La figure 227 indique le principe d'un Bureau central téléphonique. A, B, C représentent trois tableaux commutateurs en coupe, où aboutissent les fils des différents abonnés. Sur le croquis sont seulement indiqués trois abonnés pour chaque tableau, mais en pratique un commutateur multiple en renferme d'ordinaire 200 par section. On voit que tous les fils de tous les abonnés passent derrière chacun des tableaux et permettent d'établir un contact par devant, et l'employé les a tous à la portée de la main, de sorte qu'il peut réunir chacun de ses abonnés avec un fil quelconque sans l'aide d'un second employé, et sans quitter sa place.

Ainsi, si l'abonné n° 2 demande une communication avec le n° 8, l'employé n'a pas besoin de prévenir le tableau C où aboutit le n° 8, ni d'y aller lui-même ; en introduisant une fiche dans le serrc-joint, il réunit directement le n° 2 avec le fil du n° 8, qui est à la

Digitized by Google

portée de sa main, au moyen d'un conducteur souple, comme c'est indiqué sur la figure.

Par le même procédé, l'employé du bureau C a établi la communication entre les abonnés n° 7 et n° 1.

On comprendra encore mieux la différence entre ce système et celui qui était ordinairement appliqué jusqu'à présent en comparant la figure 227 avec la figure 228, qui donne le schéma d'un bureau

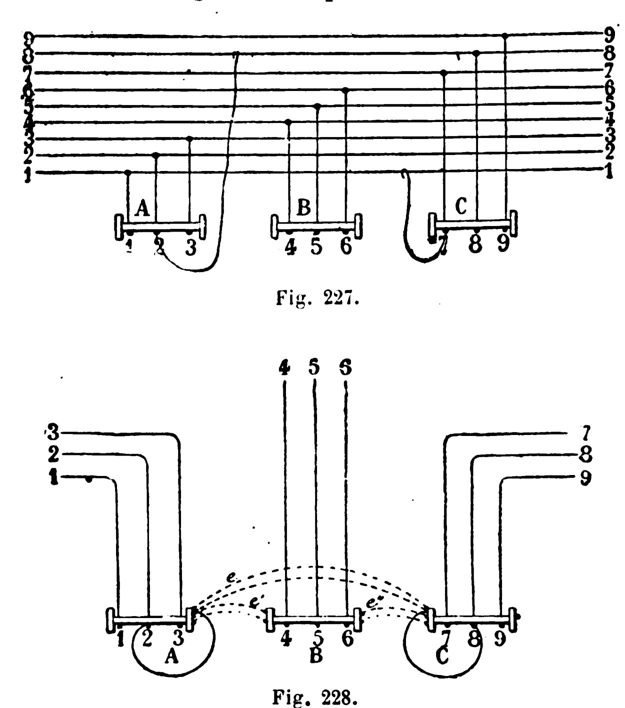


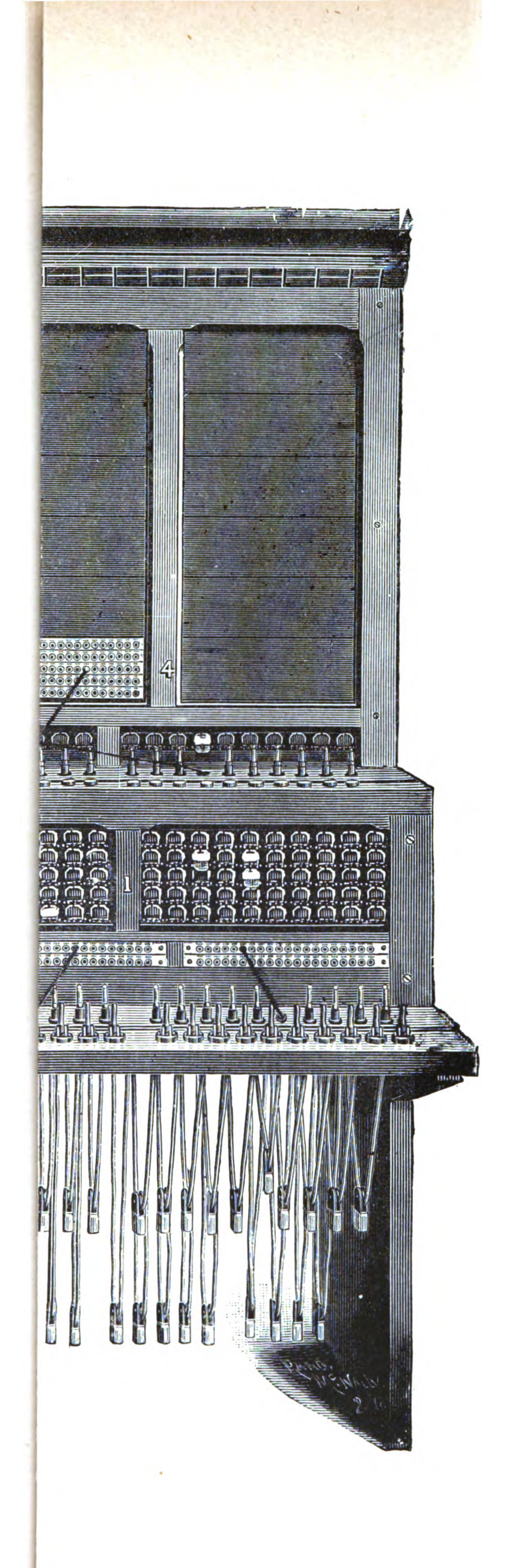
Fig. 227.

Fig. 228.

téléphonique non multiple, où un certain nombre de fils sont distribués à chaque tableau, sans passer par tous les autres. Pour donner la communication entre 2 et 8, on réunit le numéro 2 par un cordon souple avec le fil spécial *e* qui conduit au tableau C et là on est encore obligé de faire la communication par un cordon entre *e* et le fil 8. Pour disjoindre les deux abonnés, on doit répéter une opération semblable.

En examinant la figure 227, on voit immédiatement la principale difficulté qui se présente dans la construction des tableaux multiples. Supposons qu'au lieu de neuf abonnés, comme dans le

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

croquis, il y en ait quelques milliers, et que le fil de chacun doive passer par chaque tableau, on s'imaginera facilement quel énorme nombre de fils on aura derrière le panneau et quelle habileté et quel soin il faudra déployer dans le montage.

170. — La figure 229 représente un tableau multiple construit par la Western Electric Company pour la ville de Milwaukie

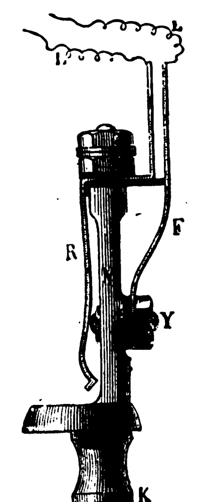


Fig. 230.

Chaque employé a un tableau pareil devant lui. Les deux cents fils des abonnés auxquels il doit donner les communications demandées passent par les annonciateurs de la section A. Tous les autres fils du bureau entier communiquent chacun individuellement avec les serre-joints (*spring-jacks*) placés dans la section C et arrangés par centaines dans un ordre tel que l'employé puisse facilement trouver le fil demandé.

Dans la section D se trouvent les annonciateurs auxiliaires, qui servent à recevoir le signal des abonnés à la fin de la conversation.

Les fiches, qui donnent les communications, se trouvent au bout de conducteurs souples et tendent toujours à revenir à leur position de repos au moyen d'une poulie et d'un contrepoids. Les

Digitized by Google

annonciateurs sont ceux qui sont généralement en usage et que nous avons décrits ailleurs.

Les serre-joints sont un peu modifiés. La ligne entre par le ressort en bronze phosphoreux R (fig. 230), qui est isolé et qui repose sur une vis de contact Y, également isolée, mais communiquant avec le prolongement de la ligne par l'intermédiaire de la lame F. Ainsi, dans cette position de repos, la ligne passe directement par le serre-joint et se rend à celui qui porte le même

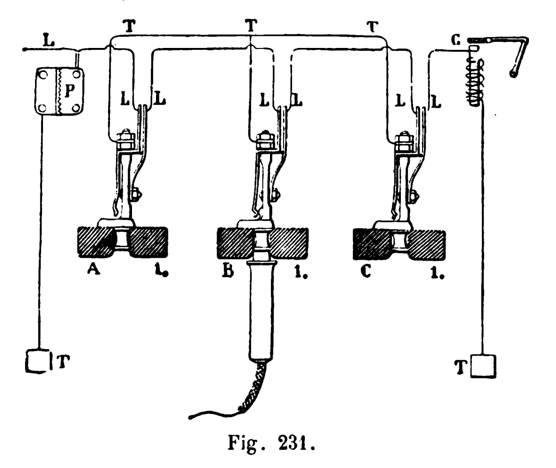


Fig. 231.

numéro sur une autre section du tableau ; mais aussitôt que l'on enfonce une fiche dans le trou de ce serre-joint, comme le montre la figure, la ligne passe par le ressort R et le bouton métallique P de la fiche, dans le fil conducteur du cordon souple C. Dans cette position la lame F est complètement isolée.

La figure 231 montre les communications de serre-joints portant le même numéro, mais placés sur trois sections différentes du tableau : A, B, C.

La ligne L, venant d'un abonné quelconque, traverse le paratonnerre et P puis passe derrière tous les tableaux par tous les serre-joints de même numéro sans toucher à leur masse, et définitivement, à travers l'électro-aimant G de l'annonciateur, aboutit à la terre T. Mais si nous introduisons une fiche dans un des serre-joints (par exemple, dans celui du tableau B, comme c'est indiqué sur la figure), la ligne passe alors directement dans cette fiche et dans son cordon souple.

Digitized by Google

La figure nous montre encore que tous les supports métalliques des serre-joints portant le même numéro sur les différents tableaux, sont réunis ensemble par un fil T. Par ce moyen, l'employé peut savoir si la ligne qu'il veut donner en communication à l'un des abonnés est occupée ou non. Si la ligne est libre, la masse du serre-joint et par conséquent son anneau métallique extérieur ne communique pas avec la terre, et l'employé en touchant le bâti métallique du serre-joint avec la fiche de son cordon en relation avec le téléphone qu'il tient à l'oreille et en relation également avec la pile, n'entend aucun bruit parce que le courant ne peut

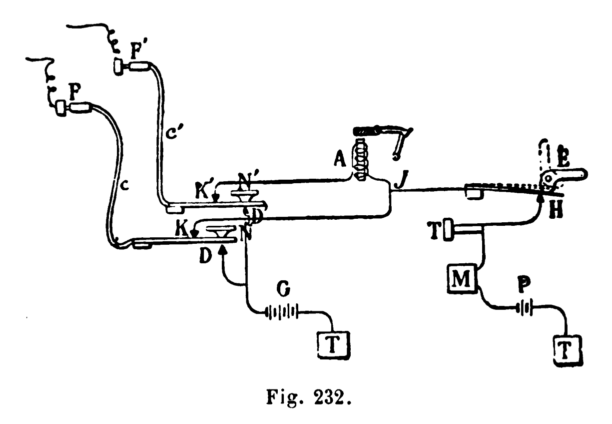


Fig. 232.

pas s'établir. Mais si l'abonné qu'il veut appeler est déjà en communication avec un autre abonné, la masse du serre-joint est mise en communication avec les terres des abonnés, et l'employé entend dans son téléphone un bruit qui le prévient que la ligne est occupée.

171. — Pour expliquer comment on établit les communications entre deux abonnés, examinons la figure 232, qui donne le schéma des clefs d'appel, des annonciateurs de la fin de conversation et du téléphone de l'employé.

Supposons que c'est l'abonné 22 qu'on a appelé ; aussitôt le guichet de son annonciateur au Bureau central tombé, l'employé enfonce la fiche F dans le serre-joint portant le numéro 22, tourne en même temps la clef E, de sorte qu'il y ait une communication en H et, tenant le téléphone T à l'oreille, demande au moyen

Digitized by Google

du transmetteur microphone M, ce que veut l'abonné. Supposons que celui-ci demande la communication avec l'abonné 750. Alors l'employé prend la fiche F', qui est en relation avec F et touche le serre-joint 750 en écoutant au téléphone. S'il n'entend aucun bruit, la ligne est libre et il enfonce complètement cette fiche; après quoi il appuie sur la clef N'. Dans ce cas, le courant du générateur G (qui peut être un appel magnétique ou une pile avec inverseur de courant) est lancé par le contact D' sur la ligne 750 et l'abonné est appelé. Aussitôt la clef N' lâchée, la communication est établie entre les deux abonnés, à travers l'annonciateur A.

La marche du courant est la suivante :

De l'abonné 22, par la corde C, le ressort de la clef N, le contact K, l'annonciateur A, le contact K', la clef N', la corde C' et la ligne 750.

Le téléphone T de l'employé se trouve en dérivation au point J, entre la ligne de ces deux abonnés et la terre; mais aussitôt que l'employé entend que la conversation est entamée, il lève la clef E et se trouve hors du circuit.

Quand la conversation est terminée, les abonnés tournent la manivelle de leur appel magnétique, le guichet de l'annonciateur A tombe, et l'employé remet les fiches F et F' à leur place ordinaire.

172. — Comme nous le disions plus haut, l'une des plus grandes difficultés, que l'on rencontra d'abord dans la construction de ces tableaux commutateurs multiples, consistait dans l'arrangement commode des fils derrière le tableau. La figure 233 représente une section du tableau.

Tous les serre-joints, S, sont arrangés par groupes de 20, laissant une place libre pour le passage des câbles. En outre, il y a des planches, fixées derrière le tableau perpendiculairement à sa surface, et préforées de trous dans lesquels passent les câbles suivant un ordre méthodique. Ces planches servent en même temps de supports.

De cette manière les câbles avec les fils qui communiquent aux serre-joints, se disposent de manière qu'on peut les soulever pour

Digitized by Google

arriver aux serre-joints et faire les réparations dans le cas où elles deviendraient nécessaires.

On voit que le principe qui est à la base du tableau commutateur multiple, comme du reste son nom l'indique, est la multiplication des points de jonction pour chaque abonné, de facon que, quel que soit le nombre des abonnés à un Bureau central et quel que soit le nombre des employés dans la salle des commutateurs,

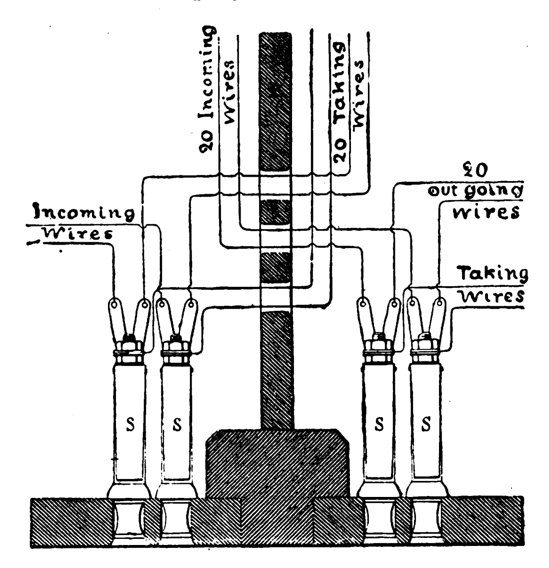


Fig. 233.

chaque employé trouve toujours à sa portée un point de jonction pour chaque abonné.

Naturellement, une telle multiplicité de points de jonction ne serait pas seulement inutile, mais aussi désavantageuse, si les employés n'avaient des moyens à leur disposition pour savoir si une ligne demandée est occupée ou non. La manière dont le tableau commutateur, comme nous l'avons déjà montré, fournit lui-même pour ainsi dire ce renseignement absolument indispensable est une particularité extrêmement intéressante.

173. — Nous avons parlé de la complication de la construction et nos lecteurs ne s'attendraient pas à l'extrême simplicité de fonctionnement que produit cette construction un peu compliquée.

Digitized by Google

Un employé, pour relier deux abonnés, n'a que le minimum de travail à faire et il le fait tout entier lui-même. On ne peut guère considérer comme une manœuvre distincte, par exemple, l'essai par lequel on s'assure si la ligne est occupée ; il consiste simplement en effet à toucher le bâti métallique du serre-joint avec la fiche, qui n'a qu'à être enfoncée tout entière si on n'entend pas de bruit. La simplicité du fonctionnement permet à un employé de se charger d'un nombre d'abonnés beaucoup plus considérable que dans tout autre système et en adoptant le tableau multiple, on ne réalise pas seulement une amélioration remarquable dans le service mais aussi une grande économie dans les dépenses d'exploita tion.

Voici quelques-uns des accessoires d'une installation de tableau commutateur multiple.

Tableau auxiliaire (cross connecting Board), pour permettre à un abonné de conserver le même numéro sur le tableau commutateur, dans le cas où, pour une raison quelconque, il serait peut-être transféré à une ligne n'appartenant pas à ce tableau. Cet appareil sera décrit plus au long au chapitre suivant.

On y trouvera également une description détaillée du *tableau d'essai* ou *d'épreuve*.

Le *tableau des paratonnerres* consiste en barres de bois dur, munie chacune de quarante paires de ressorts, une paire pour chaque ligne.

Outre cette forme de paratonnerre, on peut, dans les tourelles et partout où les fils entrent du dehors, se servir de paratonnerres avec plaques de terre. Dans tous les cas, on doit prendre les plus grandes précautions pour l'isolation, car le bruit attribué à l'induction est généralement dû à une simple déperdition.

Le générateur de force est capable de fournir le courant d'appel pour un réseau de n'importe quelle étendue. Si on ne peut pas trouver commodément de l'eau à sa disposition, pour l'installation de moteurs hydrauliques, on peut placer le générateur dans une usine ou un autre endroit où des machines développent de la force motrice pendant la journée, et d'où le courant est amené au Bureau central par une ligne ordinaire. Dans ce cas, afin de réduire l'induction, on doit relier le générateur à la terre par l'intermé-

Digitized by Google

diaire d'une bobine en dérivation, de 600 ohms de résistance environ.

L'inverseur de courants remplace le générateur pendant la nuit, et aussi pendant le jour si la force motrice venait à faire défaut. Il ne donne pas des résultats aussi satisfaisants que le générateur à cause de l'induction.

Digitized by Google

CHAPITRE XX

TABLEAUX COMMUTATEURS MULTIPLES

(SUITE)

SYSTÈME DU BUREAU CENTRAL DE MANCHESTER

174. — On a introduit récemment des changements si considérables dans le fonctionnement du Bureau central des téléphones de Manchester qu'ils équivalent à une complète révolution. Des trois grands centres entre lesquels étaient distribués auparavant les appareils de jonction de tout le réseau, tous les fils ont été concentrés dans un vaste Bureau central dont le local est situé dans les bâtiments de la Bourse de Commerce. On a adopté la forme la plus récente et la plus perfectionnée du tableau commutateur multiple. On a aménagé à cet effet une salle spacieuse, longue d'une quarantaine de mètres environ et spécialement adaptée aux usages téléphoniques. L'ensemble forme donc un Bureau central téléphonique, qui peut probablement rivaliser, au point de vue de l'efficacité du service, avec tous ceux qui existent actuellement.

Il y a place sur les tableaux pour (4.200) abonnés, mais dans leur état actuel, le montage complet n'est que pour (1.600) ; en outre, l'un deux, avec certaines tables spéciales, est réservé au fonctionnement des lignes interurbaines à longue distance, qui forment un trait caractéristique dans l'exploitation téléphonique de ce district, et au fonctionnement desquelles on a donné beaucoup d'attention dans le nouveau système.

Les tableaux sont disposés bout à bout tout le long d'un des côtés de la salle et le tableau multiple des lignes interurbaines se trouve le premier à côté de la salle des épreuves. Entre cette dernière et la

Digitized by Google

salle des commutateurs, perpendiculairement aux tableaux généraux, sont disposées les tables spéciales mentionnées plus haut, pour le fonctionnement de ces fils qui demandent des appareils ou des méthodes de fonctionnement spéciaux, comme les fils à longue distance, les fils d'appel, de bureau et multiples.

175. *Tableau d'essai.* — La forme ancienne se composait presque toujours d'un arrangement de doubles serre-fils ou bornes d'attache,

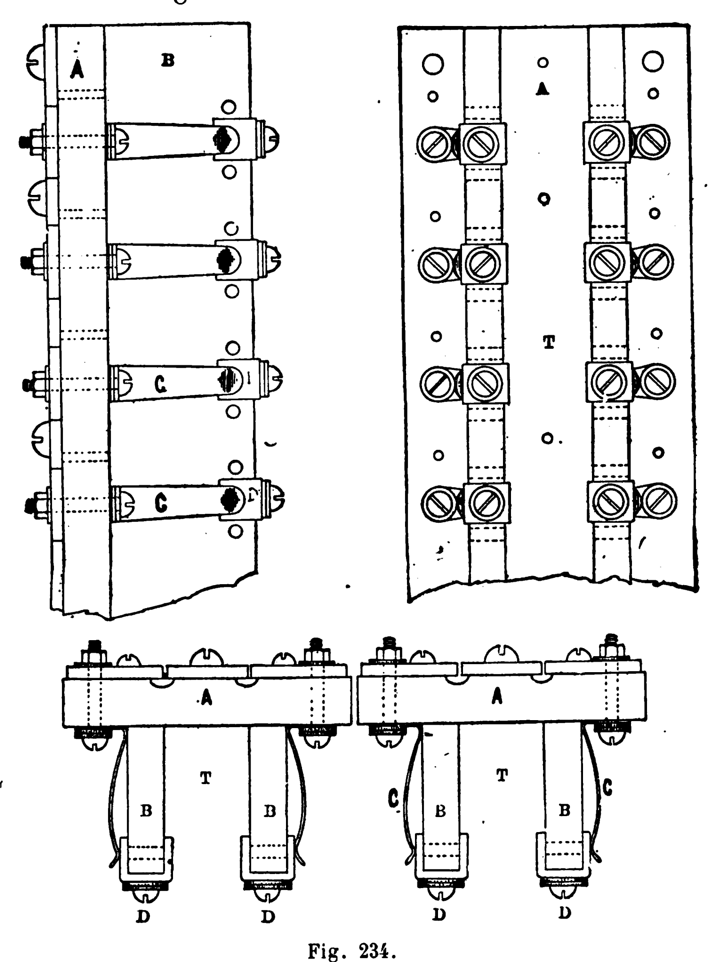


Fig. 234.

à l'une extrémité desquelles était amené le fil venant du dehors, et à l'autre le fil du tableau commutateur. Quand on devait faire

Digitized by Google

un essai, l'une des deux bornes était dévissée, le fil retiré et, d'après la section à essayer, ou bien entrelacé avec un fil de l'instrument d'essai ou bien remplacé par ce dernier dans le serre-fil. Les désavantages de cette méthode étaient nombreux. D'abord, il fallait donner une longueur supplémentaire à tous les fils, puisque tôt ou tard ils étaient sûrs d'être brisés au bout. Cette longueur supplémentaire était généralement laissée sous forme de spirale, qui prenait beaucoup de place et rendait presque impossible de tenir les fils bien en ordre et faciles à manier. Puis les bornes d'attache se desserraient facilement, et les fils se brisaient fréquemment par suite de la manipulation incessante; en outre, on était exposé à relier les fils aux bornes qui ne leur correspondaient pas. Avec les permutations continuelles qui se présentent dans un Bureau central, entre les différents fils, à cause des changements de domicile des abonnés, etc., les fils d'entrée, au bout de très peu de temps, s'embrouillaient dans un enchevêtrement très incommode. Les tentatives pour suivre et retirer l'un de ces fils donnaient lieu à beaucoup de difficultés et amenaient la torsion et souvent la rupture des fils dans les conduits.

Pour remédier à tous ces défauts, on imagina le tableau d'essai, représenté figure 234 et le tableau auxiliaire des liaisons (fig. 235 et 236). Ces appareils permettent de poser et de conserver les fils et câbles dans un ordre tout à fait régulier, quels que soient les changements dans les fils des abonnés : ils permettent aussi de faire tous les essais sans déranger le moins du monde les fils ou les bornes.

176. — Le *tableau d'essai* est divisé en cinq panneaux, chacun desquels est subdivisé encore en dix sections plus petites; les figures représentent une partie d'une de ces sections. Ces différentes sections sont construites séparément, formant chacune un tout complet, muni de paratonnerres, de ressorts pour essais et d'un conduit pour les fils; par leur juxtaposition, elles forment de nouveaux conduits de chaque côté des précédents, comme le montre la coupe (fig. 234). A est une pièce en ébonite, dont la longueur est de 26 pouces (66,03 centimètres), la largeur de 3 pouces (7,6 centimètres) et l'épaisseur d'un pouce et demi (3,27 centi-

Digitized by Google

mètres). Sur l'une de ses faces sont fixées deux autres pièces en ébonite ayant la même longueur, et une largeur de 3,8 centimètres et une épaisseur de 0,95 centimètres : les trois pièces, par leur réunion, forment un conduit qui sert à recevoir les fils. Sur l'autre face du bloc A, sont vissées trois plaques en laiton, dont les deux plaques extérieures sont disposées à une distance de 3,17 centimètres de la plaque centrale ; le côté de chaque plaque extérieure, qui longe la plaque centrale, a la forme d'une scie et est muni de petites dents aiguës ; sans toucher la plaque centrale, qui est en communication avec la terre, il en est aussi rapproché que possible. L'une des vis, qui fixe la plaque dentée, passe de part en part à travers la pièce A et la tête de cette vis serre l'extrémité d'un ressort flexible en laiton *c*. L'autre extrémité de ce ressort appuie contre un revêtement en laiton muni d'une vis et de rondelles et qui couvre l'extrémité de la pièce en saillie B.

177. *Manière d'employer le tableau d'essai.* — Aux instruments d'essai est attaché un fil ou cordon flexible, à l'extrémité duquel est fixé une fiche d'essai ; celle-ci est simplement une pièce aplatie en ébonite, à laquelle est fixée d'un côté une bande de laiton munie d'un bouton d'attache.

En introduisant la fiche entre l'extrémité du ressort C et le revêtement D, représenté figure 234, de manière que sa face revêtue de laiton vienne en contact avec le ressort, on met l'instrument d'essai directement en communication avec la ligne du dehors, par l'intermédiaire du bouton d'attache et de la plaque dentée ; on peut alors faire tous les essais nécessaires avec le secours d'un instrument convenable. En enfonçant la fiche sens dessus dessous on établit la communication avec le fil intérieur qui conduit au tableau auxiliaire et de là au tableau commutateur; on fait les essais et la faute est découverte sans peine, s'il en existe une.

En employant une fiche revêtue de laiton sur ses deux faces et munie d'un double cordon flexible, on peut intercaler directement un téléphone ou tout autre instrument dans le circuit de n'importe quelle ligne sans gêner le fonctionnement de celle-ci.

178. — Un tableau auxiliaire est représenté partiellement par



les figures 235 et 236. Il se compose simplement d'une série de plaques aplaties, munies de vis et de rondelles, adaptées à une

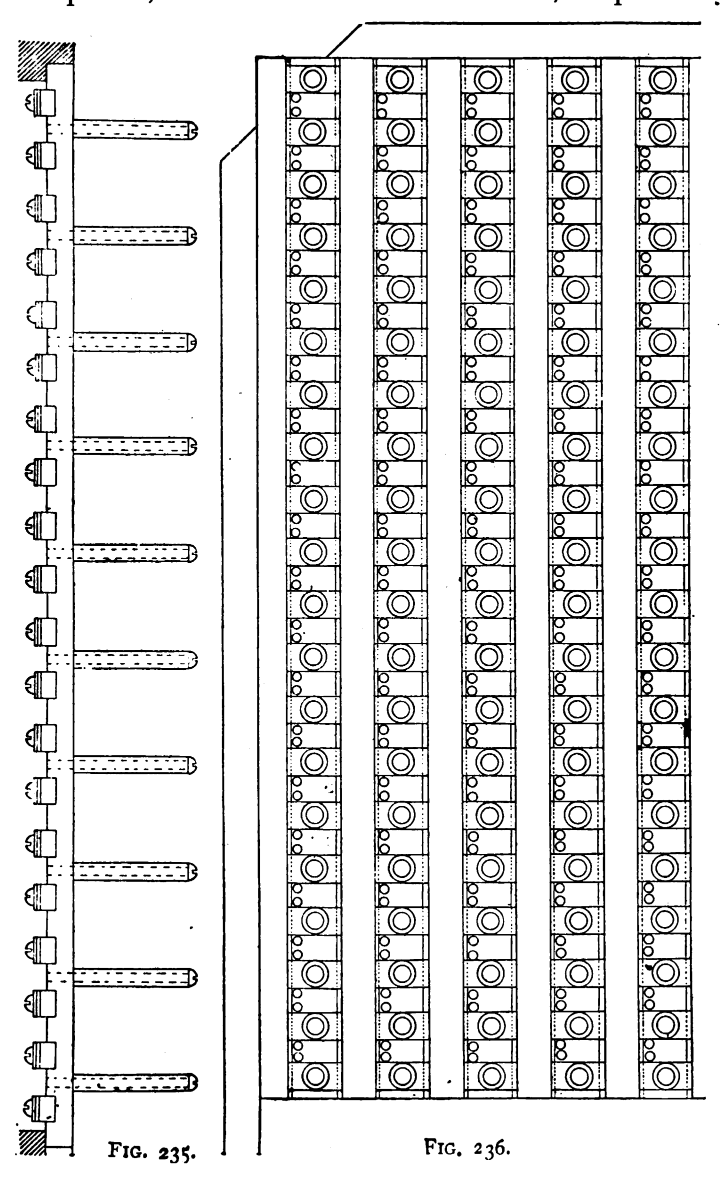


Fig. 235. Fig. 236.

plaque en ébonite, à laquelle les câbles sont amenés du tableau commutateur et soudés par ordre régulier de numéros. Les vis et les rondelles servent à serrer les extrémités des fils non tendus qui

Digitized by Google

complètent la communication entre les câbles sur ce tableau et les fils sur le tableau d'essai.

En examinant les figures, on se formera facilement une idée de la manière dont il faut joindre les fils sur ces deux tableaux, pour les garder en bon ordre et faciles à manier.

Tous les fils venant du dehors sont amenés par le conduit principal, puis à travers les ouvertures ménagées au fond de ce dernier dans les conduits T; on les fait passer ensuite à travers de petites ouvertures, pratiquées dans les pièces d'ébonite B, à la face opposée de ces dernières et on les met là, sous les vis et les rondelles, en communication avec les plaques dentées. Celles-ci sont alors fixées aussi près que possible de la plaque centrale. Ces fils sont mis en relation avec des bornes, au fur et à mesure que celles-ci viennent à être libres, sans qu'on ait égard aux numéros auxquels ils correspondent

D'autres fils sont ensuite attachés aux bornes D, sur le devant du tableau, et montent par les petits conduits en haut de chacun desquels il y a une rangée verticale de trous. On choisit le trou à travers lequel on fait passer chacun de ces fils, d'après le numéro de l'abonné qu'il dessert. Les fils des numéros 1-300 passent par l'un des trous de la première rangée, à partir du fond ; ceux des numéros 300-600 passent par l'un des trous de la seconde rangée, à partir du fond, et ainsi de suite, montant d'une rangée pour chaque groupe de 300 dans le nombre des abonnés.

Les fils, après avoir passé par ces trous sont conduits horizontalement derrière le tableau d'essai, et contournent l'arête pour aboutir tout en haut sur le devant du tableau auxiliaire ; passant ensuite à travers les trous de ce dernier tableau, ils descendent jusqu'à la rangée verticale convenable de bornes disposées en bas derrière le tableau, où chacun d'eux, à travers l'ouverture pratiquée dans l'ébonite, est fixé à sa borne propre, qui porte le numéro de l'abonné. Les fils sont guidés dans leur trajet et maintenus en position au moyen de chevilles de laiton entourées de tubes en ébonite.

179. *Avantages de la combinaison.* — Supposons que les fils arrivent d'un certain district au Bureau central dans un câble de



vingt conducteurs, par exemple ; on les amènera par le conduit au tableau d'essai et on les reliera aux vingt premières bornes venant à être libres, quoique les numéros des abonnés qu'ils desservent soient peut-être loin de se suivre en succession régulière. Des fils auxiliaires de liaison mènent ensuite du tableau d'essai aux numéros respectifs sur les tableaux auxiliaires et tout cela se fait sans que l'on touche l'un quelconque des fils déjà reliés. Ou peut-être un abonné n° 158 change de domicile et va habiter à une distance telle qu'on a besoin de poser un nouveau fil ; le fil d'entrée est amené sur le tableau d'essai, et attaché à la première borne libre ; l'ancien fil auxiliaire est détaché aux deux bouts et retiré du système et un nouveau fil amené dans la nouvelle position sur le tableau d'essai. L'ancien fil d'entrée est laissé dans sa borne et remis au service lorsque l'ancien circuit est utilisé pour un nouvel abonné. On voit donc que l'effet de tout changement effectué dans les circuits extérieurs est redressé en établissant de nouvelles communications entre les tableaux du Bureau central. Cette opération est très facile, si on la compare aux changements des fils d'entrée, outre l'ordre et la régularité qu'elle introduit dans le système.

180. — Il est nécessaire de tenir un registre des positions des fils sur le tableau d'essai, afin de pouvoir toujours y retrouver sans difficulté le fil de n'importe quel abonné.

C'est ce qu'on fait en dressant deux listes numériques. La première est celle des abonnés en regard de chaque nom desquels on inscrit dans la colonne voisine le numéro respectif du ressort du tableau d'essai, auquel le fil de l'abonné aboutit. La seconde liste est celle des ressorts du tableau d'essai, en regard

N° et nom de l'abonné	Tableau d'essai N°	Changements	Tableau d'essai N°	N° de l'abonné	Changements
150	802		460	1.300	
151	570		461		79
152	1.320		462	470	
153		1.400	463	22	
154	960		464	49	

Digitized by Google

desquels, dans une colonne voisine, sont inscrits les numéros des abonnés avec les circuits desquels ils sont en relation. Il y a encore une colonne pour enregistrer les changements. Nous donnons ci-dessus un modèle de ces listes.

Outre les avantages mentionnés plus haut, ce système en a encore un autre; en effet, les circuits ne gardent pas la même position relative l'un par rapport à l'autre, dans les différentes parties de leur trajet du dehors jusqu'au tableau commutateur et il arrive rarement que les fils des deux abonnés, dont les numéros se suivent, soient disposés parallèlement entre eux; l'induction entre deux fils pareils est donc peu considérable.

JONCTION DES CABLES OU DES FILS AVEC LES TABLEAUX COMMUTATEURS

181. — La méthode employée jusqu'ici pour opérer la jonction des câbles avec les tableaux commutateurs exige, pour leur mise en place, un large conduit qui gêne considérablement les employés lorsqu'ils veulent passer derrière le tableau pour atteindre les indicateurs, etc. En outre, elle donne lieu à des effets assez accentués d'induction et restreint dans des limites assez étroites le nombre de sections que l'on peut exploiter avantageusement dans un seul Bureau central. Aussi les câbles forment-ils la grande difficulté dans le système multiple.

La nouvelle méthode permet de réduire de moitié la longueur des câbles : il est évident dès lors qu'il devient possible d'obtenir un fonctionnement satisfaisant dans un Bureau central de beaucoup plus grandes dimensions, ou si on n'augmente pas le nombre de sections, de réduire considérablement les effets d'induction, tout en n'ayant à supporter que la moitié des frais pour la construction du câble lui-même.

182. *Nouveau câble.* — Le câble que l'on emploie dans ce but a reçu des perfectionnements importants. Au lieu d'employer des câbles séparés pour les fils de transmission (de parole) et pour ceux d'essai, on en construit maintenant de forme ovale qui con-



tiennent le nombre double de fils et remplissent les deux fonctions ; on peut distinguer les deux fils des groupes entre eux au moyen de la couleur de leur couverture, qui est différente pour chaque groupe. Les fils sont tordus ensemble par paires, l'un étant un fil de transmission et l'autre un fil d'essai. Une des raisons, qui ont fait adopter cette disposition, est que peut-être plus tard on emploiera les circuits métalliques complets ; dans ce cas, les fils d'essai du tableau commutateur seraient employés comme fils de retour et, comme ils sont entrelacés avec les fils de ligne, ils seraient dans les conditions les plus favorables pour prévenir les effets d'induction. Même dans le système du circuit à fil unique, cette disposition réduit l'induction à un minimum en tenant les fils de transmission plus éloignés les uns des autres. Les câbles sont aussi entourés d'une gaine de plomb qui est en communication avec la terre.

Dans le nouveau système, les câbles sont conduits en ligne droite d'un groupe de serre-joints au groupe correspondant dans la section voisine, et ce résultat est obtenu sans rendre plus difficile la visite des serre-joints qui est nécessaire de temps en temps pour réparer les fautes.

183. *Manière d'effectuer les jonctions.* — On se sert à cet effet d'un long banc qui doit avoir, si faire se peut, toute la longueur des tableaux commutateurs ; si toutefois il n'y a pas moyen d'arranger les choses de cette manière, on peut se contenter d'un banc moins long et procéder par sections. Au moyen de vis, on fixe sur ce banc les blocs DD (fig. 237), ayant chacun exactement la largeur de l'une des sections des tableaux (au Bureau de Manchester elle est de 2 mètres). Sur chacun de ces blocs est ensuite vissée une bande à serre-joints et chacune des bandes doit porter le même numéro que la section correspondante du tableau. Derrière les bandes, à une distance variable, mais qui ne doit pas être inférieure à 3,6 centimètres, est fixé un bloc de réglage FF, dans le côté supérieur duquel sont pratiquées des entailles ou petites coulisses, et dans lequel à mi-chemin entre les entailles, mais un peu plus bas, sont fixées vingt chevilles, séparées entre elles par la même distance que les socles des serre-joints. En vissant des griffes à

Digitized by Google

chacune des extrémités de ces blocs de réglage, on complète la disposition nécessaire pour recevoir le câble.

Le câble est coupé en longueurs suffisantes pour pouvoir, en

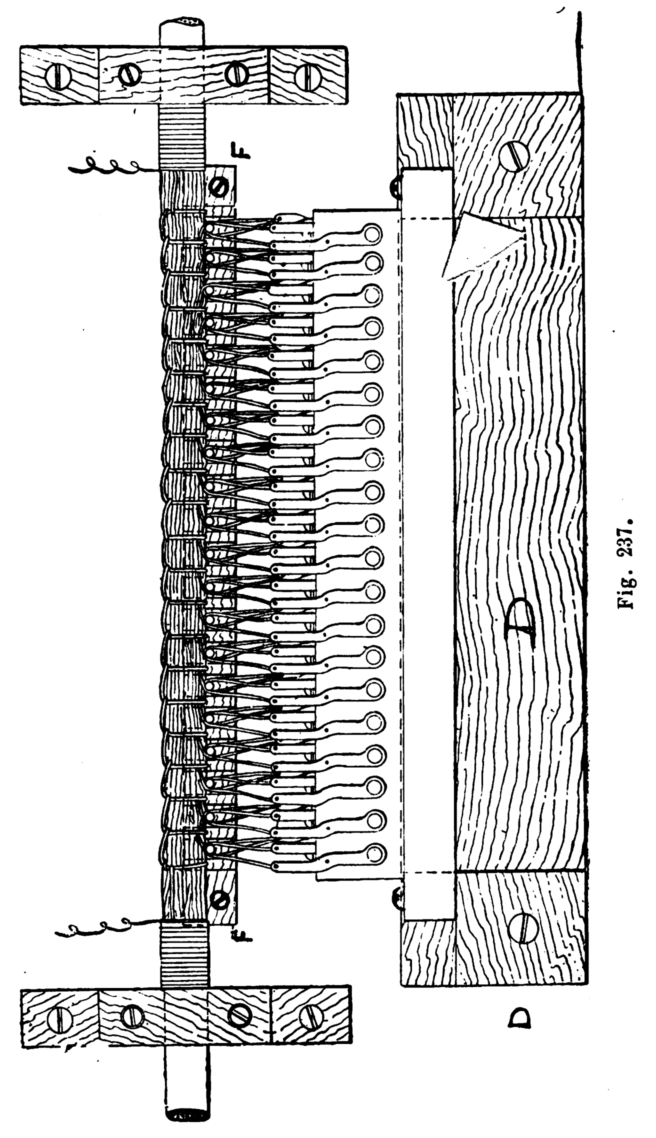


Fig. 237.

partant du dernier serre-joint sur la gauche, et en contournant la dernière cheville du bloc de réglage, arriver au bloc voisin de droite, puis contourner sur celui-ci la dernière cheville de droite

Digitized by Google

et aboutir finalement au dernier serre-joint sur la bande correspondante. On lui donne de plus une longueur supplémentaire de 1,25 centimètre pour la soudure. Chaque extrémité du câble est ensuite dépouillée du plomb et de ses autres couvertures extérieures jusqu'à ce que la partie ainsi mise à nu atteigne les griffes par lesquelles elle est alors fixée, de façon que vis-à-vis de chaque bande se trouvent les extrémités de deux câbles.

Debout devant l'un des blocs, l'ouvrier prend une paire des fils du câble qui est à sa gauche, les recourbe autour de la dernière cheville de droite, et enlève la couverture aux bouts jusqu'à ce que la partie couverte atteigne tout juste au ressort de liaison de la bande à serre-joints ; ensuite il fait passer le fil à couverture blanche en bas par le ressort du fil d'essai et le fil coloré au milieu dans le ressort du serre-joint extrême. Il répète cette opération jusqu'à ce que tous les ressorts inférieurs et moyens aient chacun un fil qui leur soit relié. Il prend ensuite les extrémités des câbles sur la droite, les recourbe d'une manière semblable autour des chevilles et les relie aux ressorts, les fils blancs à ceux d'en bas, (ressorts d'essai), et les fils colorés à ceux d'en haut. On voit que chacun des ressorts inférieurs est en relation avec deux fils l'un venant du câble de gauche et l'autre du câble de droite. Les fils sont ensuite tous soudés aux ressorts, les bouts libres coupés et les fils, derrière les blocs de réglage, réunis ensemble au moyen d'un ruban ou de fil métallique isolé; lorsqu'on les a fait passer par les entailles, ils forment pour ainsi dire un câble continu, dont les fils se détachent pour aller aux serre-joints. L'ouvrier répète la même série d'opérations à chacun des blocs sur toute la longueur du banc; seulement, dans la moitié des cas, les fils amenés aux ressorts doivent être essayés, afin que l'on soit bien sûr que les serre-joints correspondants sur les bandes différentes sont en communication entre eux sur toute la longueur des bandes.

Lorsque toutes les liaisons ont été effectuées, les bandes sont détachées des blocs, le câble est enlevé des chevilles de réglage, amené derrière le tableau commutateur et chacune des bandes vissée dans sa position convenable sur le tableau.

Les jonctions des autres câbles ne diffèrent de celle décrite que par la distance qu'on laisse entre les bandes à serre-joints et les

Digitized by Google

blocs de réglage, le montage sur le banc étant alors également différent. Pour le tableau de Manchester, il y avait six différentes longueurs, celle que nous avons donnée plus haut (3,3 centimètres) était la plus petite. Les câbles avec cette longueur-là servent aux bandes qui sont montées dans les premiers panneaux de chacune des tables, ceux du second panneau ont une longueur de 5,07 centimètres ; ceux du troisième, 6,97 centimètres, et ainsi de suite, augmentant la longueur de 1,9 centimètre pour chaque panneau vers la droite, de manière que pour le sixième panneau elle soit de 12,7 centimètres.

En adoptant cette méthode, on trouve moyen de disposer les câbles, pour leur position définitive, en couches horizontales.

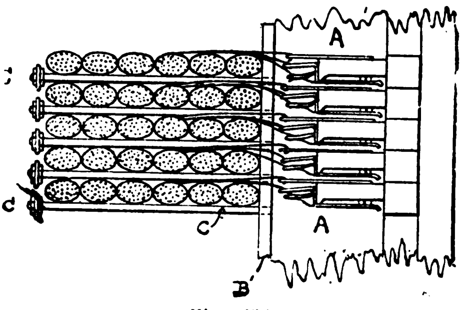


Fig. 238.

C'est ce que montre la figure 238 en coupe ; on y voit aussi le dispositif joint aux tableaux pour supporter les câbles et les maintenir en position. A représente la planche de séparation qui est fixée entre chaque paire de panneaux ; vissée sur cette planche est une barre en acier, forée et taraudée pour recevoir les chevilles en acier CC, filetées à leurs deux extrémités et séparées entre elles par une distance égale à l'épaisseur des bandes à serre-joints. Sur chacune de ces chevilles sont disposés six câbles l'un à côté de l'autre. On enfonce d'autres chevilles à mesure que le nombre de couches de câbles augmente. On obtient de cette manière un ensemble de câbles compact et d'aspect régulier, qui ne gêne en rien aucune autre partie des tableaux.

Lorsqu'il faut arriver à l'une des bandes à serre-joints sur laquelle une faute s'est développée, on dévisse quelques-unes de ces chevilles en acier au-dessus et au-dessous de sa position à

Digitized by Google

droite et à gauche ; on peut ainsi pratiquer une ouverture entre les couches convenables, qui soit assez grande pour permettre de dévisser et de retirer la bande. Une fois la faute réparée, on replace et fixe la bande, on rétablit ensuite dans leur ancienne position les chevilles qui supportent les câbles et tout est de nouveau en règle.

184. *Jonctions avec les tableaux.* — Nous suivrons maintenant les jonctions des lignes entre les tableaux auxiliaires et les indicateurs. Nous expliquerons aussi un perfectionnement introduit récemment qui a permis de réduire en moyenne de moitié, et dans plusieurs cas de plus de trois quarts la longueur de câble du tableau commutateur, à travers laquelle la parole doit être transmise. Il s'ensuit naturellement une réduction correspondante dans l'induction.

Sur les tableaux de Manchester les serre-joints généraux sont disposés par groupes de 100, tout en haut des tableaux. Immédiatement en dessous, il y a une double rangée de bandes, sur toute la longueur des tableaux, appelés serre-joints locaux et au nombre de 200 ; ce sont ceux qui sont en relation avec les indicateurs des abonnés dont les fils aboutissent à cette table et dans lesquels l'employé enfonce les fiches de jonction, quand il répond à l'appel d'un de ces abonnés. Parmi les serre-joints généraux, il y a aussi un groupe qui porte les mêmes numéros que ces serre-joints locaux. On voit qu'ils sont en double sur le même tableau. On a adopté cette disposition pour que les cordons souples ne doivent pas être tendus en travers des tableaux pour effectuer les jonctions comme ce serait le cas autrement, et aussi pour donner de l'uniformité aux tableaux.

La méthode habituelle d'opérer la jonction entre ces serre-joints était de conduire les câbles du tableau d'essai à la bande convenable parmi les serre-joints sur le tableau commutateur le plus proche, puis à la bande correspondante sur le tableau suivant, et ainsi de suite jusqu'à la fin du tableau, les liaisons ne se faisant qu'aux serre-joints généraux. Après avoir ajouté une longueur de câble supplémentaire pour les besoins à venir, on ramenait le câble et on le reliait aux serre-joints locaux, sur le tableau où

Digitized by Google

étaient disposés les indicateurs correspondants des abonnés. On se servait ensuite de fils courts pour relier les serre-joints locaux aux indicateurs placés plus bas. Il en résultait que deux abonnés quelconques en communication étaient obligés de parler à travers une longueur de câble égale à plus du double de la longueur totale des tableaux. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, c'est là un grand inconvénient et toute méthode qui réussit à réduire cette longueur mérite une attention spéciale, surtout dans un vaste Bureau central.

La méthode qu'on se décida à adopter pour atteindre ce résultat consistait à relier en chemin les serre-joints locaux et les serre-joints ordinaires, c'est-à-dire, de les relier entre les deux groupes les plus voisins parmi les serre-joints ordinaires. Assez simple en apparence, cette méthode n'était pas facile à suivre avec le système des nouveaux câbles, si on ne voulait pas porter atteinte à la valeur pratique de ce dernier. Après beaucoup de difficultés cependant, on la réalisa en employant des câbles très fins, dans lesquels les fils sont isolés seulement par un fil de soie. Les communications établies entre les abonnés sur l'un quelconque des tableaux de Manchester n'exigent qu'une longueur de câble égale au double de la distance qui sépare ce tableau du tableau auxiliaire. Pour les premiers tableaux, cette longueur n'est qu'une petite fraction de celle dont on avait besoin dans l'ancien système.

185. *Commutateurs.* — Les commutateurs employés au Bureau central de Manchester pour mettre les téléphones des employés en circuit avec une paire quelconque de cordons flexibles est aussi d'un modèle entièrement nouveau, comme on le voit par les figures 239 et 240.

Lorsque le levier A est ramené en arrière de la manière représentée par la figure, les deux ressorts doubles B et C, par suite de la pression des deux saillies en ébonite D, sont amenés contre les contacts E et F respectivement. Il en résulte que le récepteur, le transmetteur et l'élément d'essai de l'employé sont mis en circuit avec la paire de cordons à laquelle les ressorts du commutateur sont reliés. En poussant le levier en sens contraire, les ressorts

Digitized by Google

doubles viennent s'appuyer sur les deux contacts d'en haut, entre lesquels est intercalé le circuit de l'annonciateur de fin de conversation. Cet indicateur est placé en circuit dérivé.

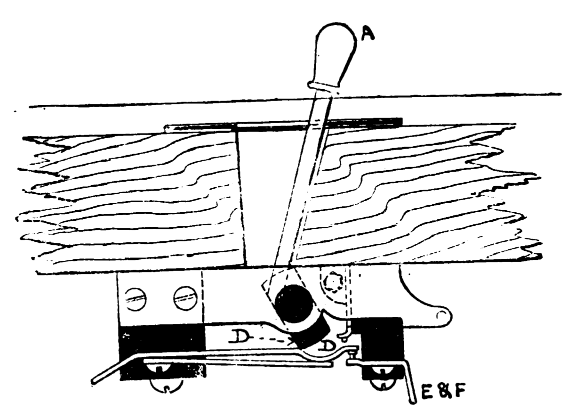


Fig. 239.

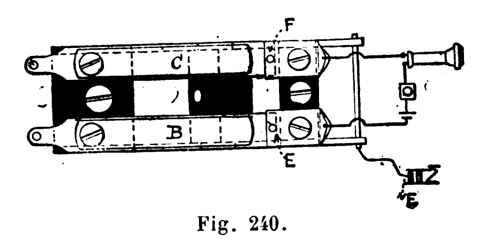


Fig. 240.

186. *Support des transmetteurs des tableaux commutateurs.* — On a également adopté un nouveau modèle qui consiste en un montant vertical, fixé au moyen de vis à la partie supérieure du tableau. A travers la tête de ce montant passe un bras horizontal, long d'environ 45,7 centimètres, qu'on peut mouvoir en avant et en arrière et fixer dans n'importe quelle position au moyen d'une vis de pression. Ce bras, à chacune de ses extrémités, porte une pièce transversale munie de deux poulies en ébonite à 7,5 centimètres d'intervalle l'une de l'autre : deux poulies semblables en ébonite sont également disposées aux côtés de la tête du montant.

Deux cordons souples (qui peuvent n'être pas isolés) s'enroulent autour des six poulies, une paire de leurs extrémités est en relation avec les bornes des transmetteurs ; l'autre paire passe d'abord

Digitized by Google

soùs deux poulies en ébonite, disposées à la partie supérieure d'un contrepoids en plomb d'un poids double de celui du transmetteur employé, puis ces mêmes extrémités sont attachées à des bornes fixées derrière le tableau commutateur, bornes qui sont en relation avec la bobine d'induction et la pile. Si la bobine d'induction était renfermée dans la boîte du transmetteur, il faudrait employer, pour établir les communications, un double cordon flexible isolé.

Au moyen de cette disposition, on peut régler facilement la distance du transmetteur à la partie antérieure de la table, ainsi que sa hauteur : il suffit d'un instant pour le pousser en haut, afin qu'il ne gêne pas quand il est au repos, et pour le ramener immédiatement en bas quand on en a de nouveau besoin.

187. *Lignes interurbaines.* — Comme nous l'avons dit plus haut, on a donné beaucoup d'attention au fonctionnement des lignes reliant à Manchester les villes voisines ou plus éloignées. On a introduit plusieurs nouveautés et on peut juger de l'étendue de ce réseau en jetant un coup d'œil sur la carte ci-jointe.

Les fils venant des villes les plus éloignées sont d'abord amenés au tableau d'essai tout comme les fils ordinaires. Dans la plupart des cas, quand il y a plus d'un fil pour une seule ville, ils sont divisés en deux catégories, l'un servant aux appels partant de Manchester et l'autre aux appels arrivant à Manchester. Les fils de cette dernière catégorie sont amenés au tableau multiple ordinaire (*multiple trunk table*) pour lignes interurbaines et fonctionnent de la manière ordinaire ; les fils de la première catégorie sont amenés à des tableaux interurbains spéciaux (*special trunk tables*). Une vingtaine de lignes sont reliées à chacun de ces tableaux, dont le nombre s'élève à trois, avec deux employés pour chaque tableau.

Vingt serre-joints sur chaque tableau sont reliés à des cordons simples sur le tableau multiple interurbain et numérotés d'une manière correspondante. Ils servent à relier les fils interurbains à l'un quelconque des abonnés locaux. Ces communications sont établies par un employé placé au centre du tableau multiple interurbain et qui, ayant toujours le téléphone à l'oreille, reçoit des

Digitized by Google

instructions par un fil reliant son téléphone aux tableaux spéciaux avec lesquels les employés peuvent établir les communications au moyen d'un simple commutateur.

188. *Communications interurbaines fréquentes.* — On a recours cependant à une disposition spéciale dans le cas d'abonnés locaux qui se servent fréquemment des lignes interurbaines. Dans des

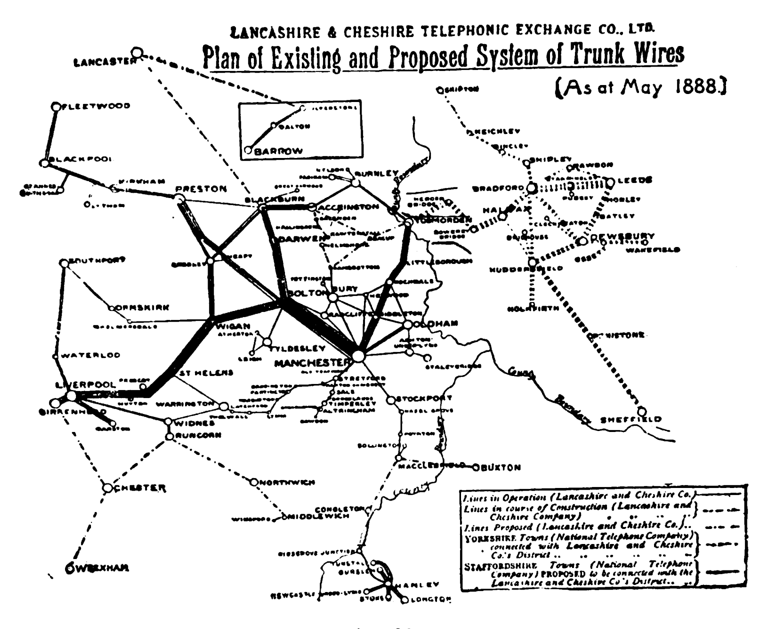


Fig. 241.

cas pareils, leurs lignes sont multipliées sur les tableaux spéciaux interurbains ; c'est-à-dire qu'on amène leurs lignes du tableau d'essai à des serre-joints multiples disposés sur ces tableaux dans un panneau central ; on les fait passer ensuite aux serre-joints multiples sur les tableaux ordinaires et on les ramène enfin aux indicateurs. On y attache aussi des fils d'essai, de manière que les employés interurbains puissent voir si leurs lignes sont occupées. Cette disposition leur permet d'établir les communications directement, tout comme s'il s'agissait d'un tableau multiple ordinaire, sans être obligé d'avoir recours à l'employé écoutant.

Lorsqu'un abonné local communique avec un abonné habitant

Digitized by Google

dans une ville éloignée, il doit payer une redevance supplémentaire ; il faut donc qu'on délivre un billet, portant le nom de celui qui doit débourser la somme, ainsi que le nom de la ville et le numéro de l'abonné demandé. On avait coutume dans d'autres Bureaux centraux faisant usage de tableaux multiples, de faire écrire ces billets par des employés ordinaires ; mais il était évident qu'il en résultait des délais considérables, lorsqu'ils avaient à répondre à des appels ordinaires ; comme les employés interurbains avaient déjà trop à faire sans s'occuper encore à écrire, on eut recours à un arrangement spécial ; l'abonné qui demande la communication avec une autre ville mentionne le mot *trunk* (ligne interurbaine) à l'employé ordinaire ; celui-ci le relie immédiatement à une table devant laquelle est assis un employé dont la seule fonction est d'écrire ces billets. Lorsque l'abonné appelant a donné les particularités nécessaires; l'employé donne un signal et la ligne est remise dans sa condition normale. Le billet rédigé est alors estampillé au moyen d'un cachet automatique à date, construit par la Western Electric C°, et passé aux employés des lignes interurbaines. Dès qu'une ligne de la ville demandée devient libre, ceux-ci établissent les communications de la manière décrite plus haut.

Cette méthode, qui à la lecture paraît assez compliquée, est en réalité très simple et permet de conduire le service des lignes interurbaines avec beaucoup de facilité.

189. *Contrôle du temps.* — On a également imaginé une disposition au moyen de laquelle les communications des lignes interurbaines peuvent être réglées sous le rapport de leur durée.

Au moyen d'une petite horloge, un disque couvrant chacun des indicateurs de la ligne interurbaine est disposé de manière à s'abattre au bout du temps accordé pour la conversation, en interrompant ainsi automatiquement le circuit ou en attirant l'attention de l'employé de façon que celui-ci puisse rompre la communication ou augmenter la taxe à payer pour l'usage du fil.

Les employés sont ainsi délivrés de toute inquiétude par rapport au temps que les abonnés sont restés en communication et le moment auquel ils ont le droit de rompre les communications.

Digitized by Google

CHAPITRE XXI

COMMUNICATIONS ENTRE DEUX RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES ÉLOIGNÉS

SYSTÈME DE TRANSLATION

190. — Le développement rapide des réseaux téléphoniques donne une grande importance à la question des communications directes entre abonnés habitant dans deux villes éloignées. On ne peut guère considérer comme complet un système téléphonique qui ne fournit pas des communications pareilles et pour voir jusqu'à quel point on a fait des progrès dans cette voie, il suffit de considérer le grand nombre de lignes interurbaines qui ont été établies surtout en Angleterre, en Allemagne et en Suisse. Nous avons déjà parlé du système de la Compagnie des Téléphones du Lancashire et du Cheshire.

La Compagnie Nationale des Téléphones a établi des communications téléphoniques directes entre des villes aussi éloignées qu'Edimbourg et Glasgow, 55 milles (88 kilomètres) ; Glasgow et Ayr, 53 milles (84,8 kilomètres) ; et Edimbourg et Falkirk, 32 milles (51, 2 kilomètres).

Lorsque ces lignes d'une longueur considérable sont à fil unique, l'induction est une cause perturbatrice importante et rend la conversation difficile, pour ne pas dire impossible. S'il n'y a que quelques fils, la conversation transmise par l'un d'eux peut être entendue sur tous les autres et avec un grand nombre de fils la confusion des sons enlève tout espoir de tenir une conversation. La seule méthode connue pour surmonter ces difficultés est d'employer un fil de retour au lieu d'employer la terre.

Digitized by Google

Dans ce cas cependant, si on fait usage de lignes à double fil, pour relier deux Bureaux centraux éloignés, on doit aussi construire en double les lignes de tous les abonnés faisant usage de la ligne intermédiaire.

Une telle disposition est très coûteuse et diminue dans une forte mesure l'utilité du système.

On a donc cherché dans une direction différente la solution du problème et on a placé des transformateurs aux extrémités de la ligne double reliant deux Bureaux centraux. Cette disposition permet à deux abonnés reliés chacun par une ligne simple à leurs Bureaux centraux respectifs, d'entrer en communication directe par l'intermédiaire d'un fil double interurbain.

Des dispositions pareilles ont été introduites, entre autres, par MM. Bennett, Nyström [1] et Elsässer [2].

(a). — SYSTÈME DE BENNETT

191. — Les bobines d'induction employées à cet effet sont de construction spéciale. La bobine d'induction ordinaire, avec son circuit primaire à résistance peu considérable et son circuit secondaire à résistance élevée ne pourrait pas servir. Les deux hélices d'un translateur doivent avoir toutes deux une résistance élevée et chacune à son tour fonctionne comme un circuit primaire ou secondaire, d'après le sens — d'entrée ou de sortie — du courant. M. Bennett employait d'abord des hélices d'égale résistance, mais il a trouvé depuis qu'il vaut mieux prendre leur longueur dans la proportion de 1 à 1,25. Le noyau des translateurs doit être du fil de fer le plus doux et pour obtenir les meilleurs résultats on doit enrouler les bobines avec la plus grande précision et en les serrant autant que possible. Lorsque les bobines sont bien construites, il n'y a pas de diminution sensible dans la netteté de la parole transmise à travers un circuit métallique en cuivre passant par deux translateurs. Par exemple, des abonnés à Glasgow et à Edimbourg

[1] *Journal Télégraphique*, vol. VII, p. 208.

[2] *Electrotechnische Zeitschrift*, vol. III, n° 12, p. 505.


Digitized by Google

s'entretiennent ensemble à travers des circuits métalliques de 80 kilomètres de longueur, tout aussi facilement qu'ils le font à travers leurs fils simples locaux, et il arrive que les distances sont beaucoup plus grandes.

La figure 242 donne les liaisons adoptées par M. Bennett dans le Bureau central d'Edimbourg et autres qui sont sous sa direction : T, T′ sont les translateurs ; I, I′ les indicateurs pour faire les appels entre les deux villes ; K, K′ deux clefs munies de deux

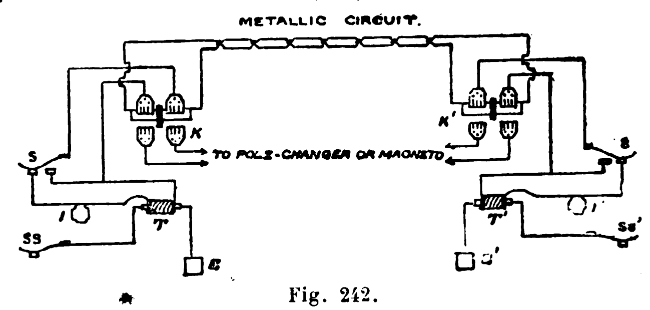


Fig. 242.

conctacts de friction supérieurs et inférieurs ; S, S′ les serre-joints en usage pour la jonction directe de deux circuits métalliques interurbains à double fil ; SS, SS′, les serre-joints pour la jonction des circuits métalliques interurbains aux fils simples des abonnés qui emploient la terre comme retour. Lorsque deux abonnés pareils ont leurs fiches introduites en S S et S S′, le courant va du transmetteur à S S et à travers l'une des sections de T à la terre. La parole passe dans la seconde section de T et voyage par I, S et K, le long du circuit métallique à K′, passe par l'une des hélices de T′ à I′ et S′ et retourne ainsi à T. La seconde section de T′ la recueille et la transmet à travers S S′ et le téléphone de l'employé qui écoute, à la terre.

Pour appeler la station opposée, l'employé appuie sur la clef jusqu'à ce qu'elle quitte les contacts supérieurs et repose sur ceux d'en bas ; il met ainsi hors circuit le translateur et l'indicateur et relie l'inverseur de courant ou toute autre source d'énergie directement au circuit métallique, faisant ainsi tomber la plaque de l'indicateur de l'autre station. Les bobines des indicateurs doivent être d'une résistance aussi peu élevée que possible et doivent être reliées en quantité.

Digitized by Google

S, S′ sont munis de deux contacts inférieurs. Lorsque le circuit métallique interurbain doit être directement relié à un autre, la résistance et l'inertie magnétique du translateur et de l'indicateur affaibliraient la parole, si on maintenait ces appareils dans le circuit. On donne donc à la fiche une assez grande longueur pour qu'elle puisse toucher les deux contacts lorsqu'on l'enfonce dans le serre-joint et elle met ainsi à la fois le translateur et l'indicateur en court-circuit. Il est quelquefois à désirer que l'on retienne l'indicateur pour pouvoir donner des signaux de fin et on modifie les connexions en conséquence.

(b). — SYSTÈME DE NYSTROEM

192. — Une bobine d'induction, *ab*, dont les tours de spires, tout comme dans celle de Bennett, sont adaptés aux conditions de résistance existantes, est installée dans chacun des deux Bureaux

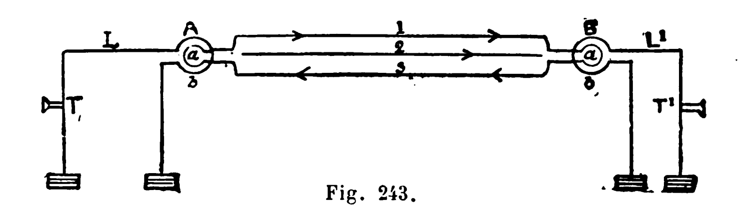


Fig. 243.

centraux A et B (fig. 243). L'un des tours *a* de chaque bobine est mis, de la façon indiquée par le dessin, en communication permanente avec la double conduite (circuit interurbain) entre les deux Bureaux centraux. Une extrémité du second tour *b* est en communication permanente avec la terre aux Bureaux centraux. Le commutateur ordinaire de ces stations permet de relier un fil simple quelconque d'abonné avec la seconde extrémité du tour *b*. Quant au second bout de la ligne de chaque abonné, il est, comme d'ordinaire, en relation permanente avec la terre.

Si maintenant l'abonné T, qui est en relation avec le Bureau central A, est, au moyen du circuit interurbain, 1, 3, relié au

Digitized by Google

Bureau central B, et de là à l'abonné T', les communications seront effectuées de la manière suivante. Le courant produit quand l'abonné T téléphone sur la ligne locale L, circule par le tour *b* de la bobine d'induction du Bureau central A, et agit par induction sur le tour *a*. Il en résulte, comme l'indiquent les flèches dessinées sur la figure, un courant circulaire dans les fils 1 et 3, réunis entre eux à leurs extrémités par les tours de *a*. Ce courant qui, au Bureau central opposé B, passe par le tour *a* de la bobine d'induction, y produit, de son côté, un courant induit qui passe par la ligne locale L' reliant le Bureau central B à l'abonné T'.

De cette façon, plusieurs lignes doubles peuvent être simultanément employées pour la téléphonie, sans qu'il se produise la moindre confusion dans la conversation; et, en outre, *une* conversation peut avoir lieu au moyen d'une ligne simple entre les deux Bureaux centraux, quoique les courants électriques entre les plaques de terre de cette ligne simple produisent un bruissement assez gênant.

La figure présente le fil simple 2 placé au milieu des fils 1 et 3, qui compose un circuit à fil double. Le fil 2 exerce, il est vrai, une action inductive sur les fils 1 et 3, mais cette action est telle que l'effet subi par l'un de ces fils est essentiellement paralysé par l'effet exercé sur l'autre. De même les fils 1 et 3 agissent par induction sur le fil 2, mais en sens contraire, et par conséquent sans effet sensible. Un fait remarquable toutefois, c'est qu'il n'est pas nécessaire que le fil 2 soit placé entre les deux autres et qu'il peut aussi se trouver en dehors.

L'intensité du son n'est pas sensiblement affaiblie par cette double translation au moyen de l'induction. On a en effet constaté que cette double transformation fait parvenir le son pour le moins aussi fort que le téléphone ordinaire, sur un circuit à fil unique.

Naturellement, les courants venant d'un appareil d'induction ordinaire sont trop affaiblis pour produire au poste opposé les signaux usuels; cette circonstance nécessite des arrangements spéciaux pour le signalement entre les deux postes. Le plus avantageux à cet égard est de disposer d'un fil spécial commun à tous les circuits doubles interurbains.

Digitized by Google

(c). — SYSTÈME D'ELSAESSER

193. — Une disposition semblable a été adoptée par M. Elsässer entre Cologne et Elberfeld, qui sont séparés par une distance de 57 kilomètres et reliés au moyen d'un câble à quatre conducteurs.

Comme dans le système du Post Office en Angleterre, les fils opposés 1 et 3 étaient en relation à Elberfeld et Cologne avec une ligne téléphonique allant à Barmen, avec la terre et avec une bobine d'induction (fig. 244).

Avec cette connexion, qui ne demande qu'une seule bobine d'induction, la transmission de la parole est très bonne entre

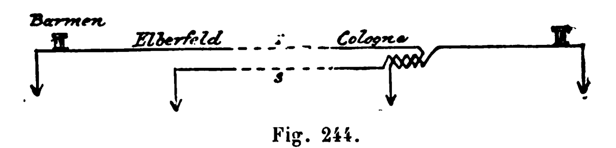


Fig. 244.

Barmen et Cologne; on n'observe pas non plus d'effets d'induction dans les fils nos 2 et 4. Si, d'un autre côté, deux fils voisins comme 1 et 2 ou 3 et 4 sont employés pour la formation d'une double ligne, des effets fâcheux d'induction se manifestent immédiatement.

Mais, quoique ce système à double ligne permette à deux Bureaux centraux de communiquer directement, il ne permet pas à deux postes d'abonnés de s'appeler directement au moyen de courants continus, à moins que les Bureaux centraux ne soient munis de dispositions spéciales. Autrement, il faudrait se servir de courants alternatifs puissants. Et même quand des courants pareils sont, au moyen d'inducteurs, envoyés des stations des abonnés, ils sont, par suite de la double transformation dans les bobines d'induction du Bureau central, employées dans le système Bennett, affaiblis si considérablement que les signaux au poste abonné deviennent tout à fait indistincts.

De même, la connexion indiquée sur la figure 244 exigerait des courants alternatifs pour les appels. Si on ne peut pas disposer de courants pareils, il ne reste qu'à faire les appels par l'intermédiaire

Digitized by Google

des Bureaux centraux ou bien, ce qui est plus favorable au bon fonctionnement, qu'à munir les derniers de transformateurs (pour les courants d'appel).

M. Elsässer a suggéré la disposition suivante qui permet l'appel direct d'un abonné éloigné :

Aux bureaux centraux I et II (fig. 245) se trouvent les trous de chevilles k_1 k_2 et k_3 k_4 ; les relais R_1 R_2 avec les piles B_1 et B_2

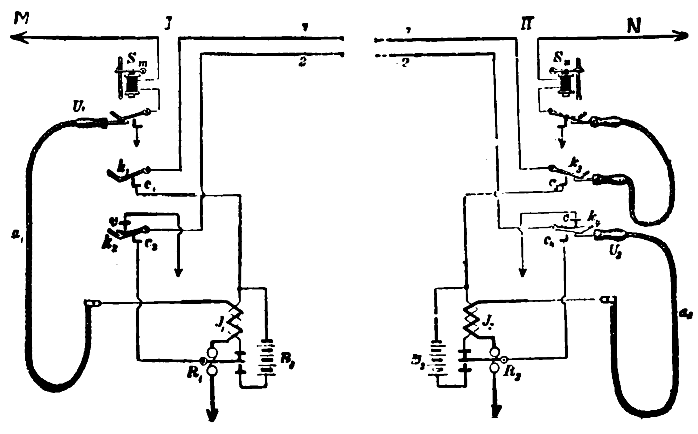


Fig. 245.

et deux bobines d'induction, J_1 J_2. Si un abonné M du Bureau central I, dont la ligne est reliée au système électro-magnétique S *m* désire communiquer avec un abonné du Bureau central II, le Bureau central I appelle d'abord II, l'informe de ce qu'il lui faut (par exemple de relier directement à N) et introduit ensuite dans le circuit son système de transformation en introduisant la fiche U dans le trou de S *m*. Le bureau central II joint immédiatement le trou de cheville S *n* de l'abonné N au trou de cheville k_3, tandis que la fiche U_2 reste à k_4. Un courant d'appel venant de M passe par S *m*, U, la bobine d'induction J_1 et la bobine du relais R_1. La clef du relais est ainsi attirée sur le contact inférieur et ferme le circuit de la pile B_1. Le courant de cette dernière passe alors d'une part par le levier du relais, le trou de cheville k_2, la section 2 de la ligne double et par le trou de cheville k_1 et son ressort spécial de contact v_1 à la terre ; tandis que, de l'autre côté, à la station centrale I, il passe du trou de che-

Digitized by Google

ville k_1 et la section I de la ligne double au trou de cheville k_3 de la station II, traverse l'électro-aimant S n et va de là à la ligne de l'abonné appelé. Là-dessus, les annonciateurs s'abattent aux deux stations et découvrent les numéros correspondants. La conversation alors s'effectue par l'intermédiaire de la bobine d'induction J_1, dans laquelle les courants ondulatoires des deux stations sont transformés soit que la parole vienne de M ou de N. Seule la bobine du Bureau central dont dépend le poste qui appelle est employée ; si N avait appelé, l'appel et la parole auraient été transmis par le relais R_2 et la bobine d'induction J_2. Cette disposition, comme on peut le remarquer, permet un appel de l'un des deux côtés seulement, comme on le verra facilement sur le dessin. Mais comme elle a été imaginée pour le système allemand, où le signal de fin de conversation est donné seulement par l'abonné qui appelle, son adoption n'a pas causé de difficultés pratiques.

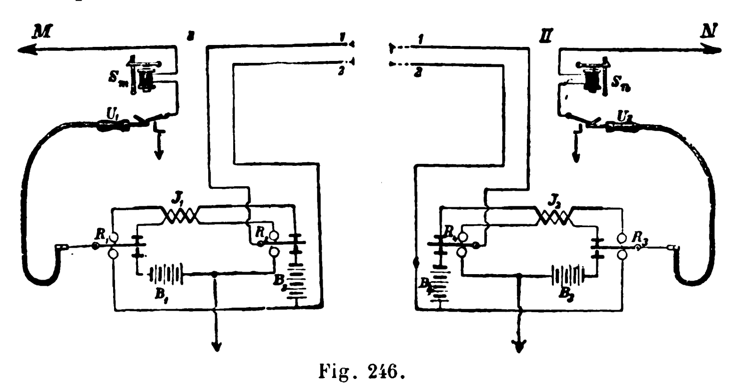


Fig. 246.

On remarquera que les deux fils employés pour la ligne interurbaine ne sont pas, comme dans le système Bennett, employés en circuit fermé, mais seulement comme un fil simple de plus grande longueur ; de fait, la ligne du poste appelé est allongée du double de la distance qui sépare le Bureau central le plus proche du Bureau central dont dépend l'abonné appelant. Les courants induits par les circuits extérieurs sont néanmoins de sens différent dans les deux sections I et II et se neutralisent ainsi réciproquement.

Il y a une autre disposition, fondée sur le même système et qui est encore plus simple : elle permet à tout abonné d'effectuer l'ap-

Digitized by Google

pel une fois que la communication a été établie. La figure 246 en fera comprendre les traits essentiels.

Le courant d'appel de M passe par les bobines de l'annonciateur de l'abonné appelant au Bureau central I et fait tomber la plaque de l'indicateur ; il se rend ensuite par U_1, la clef du relais R_1 et les bobines du second relais R_2 à la terre. Le levier de relais R_2 attiré contre le contact inférieur, la pile B_2 se trouve en circuit avec les fils interurbains 1 et 2 au Bureau central II et le courant traverse les bobines de l'électro-aimant du relais R_3 ; la clef de ce dernier, en s'abaissant, relie la pile B_3 dont l'un des pôles est à la terre, à S *n* et à la ligne, de façon que la sonnerie d'appel du poste de l'abonné se mettra en branle.

Les courants qui transmettent la parole arrivent de M et passent, comme on le voit, par S *m*, U, la clef du relais R_1, la bobine d'induction J_1 et vont enfin à travers les bobines du relais R_2 à la terre.

Les courants de second ordre, induits dans la bobine secondaire, passent aux fils de ligne 1 et 2 à travers la clef de relais R_2 et les bobines de R_1 et passent ensuite par la bobine secondaire J_2. Les courants de troisième ordre induits dans la bobine J_2 passent alors dans la ligne N. Dans ce cas, les lignes interurbaines sont employées comme un circuit métallique.

Ces deux dispositions donc (fig. 245 et 246) permettent d'envoyer des signaux directs d'appel, sans l'emploi de fortes piles au domicile de l'abonné ni de courants alternatifs ; en même temps, elles éliminent les effets d'induction sur les longues lignes interurbaines.

Digitized by Google

CHAPITRE XXII

STATIONS TÉLÉPHONIQUES PUBLIQUES

194. — A ces stations, dont plusieurs sont maintenant d'un usage général dans beaucoup de pays, toutes les personnes sans exception, qu'elles soient abonnées ou non, peuvent, moyennant une légère redevance, entretenir une conversation d'une durée déterminée avec un des abonnés du réseau téléphonique.

En Allemagne, par exemple, le prix est de 50 pfennige (60 centimes) pour une conversation de cinq minutes.

Des stations pareilles font généralement partie d'un bureau des postes ou des télégraphes où on peut obtenir des coupons de 50 pfennige chacun, donnant droit à une conversation de cinq minutes. Si la conversation dure plus longtemps, on doit ou bien prendre un autre ticket, ou payer une redevance additionnelle proportionnée à la durée de la conversation.

Le fonctionnement lui-même est identique avec celui d'autres stations téléphoniques. L'employé, chargé du service du poste public, appelle d'abord le Bureau central et lui fait savoir quelle communication est demandée ; dès qu'il reçoit une réponse, il en informe la personne qui a demandé à correspondre, et qui agit ensuite entièrement de la même manière qu'un abonné ordinaire le fait de son poste particulier. Une liste des abonnés est à la disposition du public.

Outre ces stations qui sont publiques dans toute la force du terme, il y en a d'un caractère quasi public qui sont réservées uniquement aux abonnés, comme par exemple, à la Bourse de Berlin, ce qu'on appelle les « *cellules téléphoniques* » (Telephonzellen) ou, comme nous les appelons en Angleterre, les *cabines silen-*

Digitized by Google

cieuses (silence boxes). Ces installations permettent aux membres de la Bourse de communiquer, pendant les heures d'affaires, avec tout habitant de la ville abonné au téléphone.

Ces cabines doivent être impénétrables au son, de manière que les personnes du dehors ne puissent pas surprendre une conversation tenue à l'intérieur. En Allemagne, ces *cellules téléphoniques* sont faites de doubles panneaux en bois et l'intervalle, qui les sépare, est rempli d'une masse bien mélangée d'argile et de copeaux. La cellule peut être fixée à l'intérieur et à l'extérieur ; dans l'un des panneaux latéraux est percée une fenêtre à deux carreaux entre lesquels une couche d'air se trouve emprisonnée. L'éclairage s'obtient du dehors au moyen d'un bec de gaz, placé vis-à-vis de la fenêtre.

Les parois intérieures de la cellule sont d'abord couvertes d'une mince couche de carton, au-dessus de laquelle on attache une couche de feutre à de légères nervures en bois, de manière à interposer une couche d'air entre le feutre et le carton ; du papier de tapisserie ordinaire ou une étoffe légère de coton forme la garniture finale.

La cellule a $1^m,6$ de profondeur, $1^m,3$ de largeur, et $2^m,25$ de hauteur ; les dimensions correspondantes de l'espace intérieur sont $1^m,5$, $1^m,1$ et $1^m,85$.

Il y a seize cellules à la Bourse de Berlin qui sont de construction différente, bâties en briques et entièrement indépendantes les unes des autres. Toutes les cellules sont fermées et on doit obtenir la clef de l'employé qui est chargé du service.

Chaque cellule est pourvue d'une installation téléphonique ordinaire avec microphone et un petit pupitre pour prendre des notes.

La pile d'appel peut être commune à plusieurs cellules et se trouver placée à l'extérieur.

Un ventilateur d'une forme ou d'une autre est indispensable.

La cellule doit être suffisamment impénétrable au son pour empêcher toute personne du dehors, même tout à fait rapprochée de la cellule, de surprendre une partie quelconque de la conversation, même si la personne, qui est à l'intérieur, donnait à sa voix toute son ampleur ; les mêmes moyens excluent entièrement le

Digitized by Google

bruit du dehors, de façon que la personne à l'intérieur de la cellule, peut parler sans gêne ni dérangement.

Le fonctionnement est le suivant :

La personne en entrant dans la cellule, appuie sur le bouton d'appel et fait connaître au Bureau central ce qu'il lui faut. Le Bureau central alors la met en communication avec l'abonné appelé. Il y a la possibilité inverse d'un abonné du réseau téléphonique désirant appeler un membre de la Bourse ; dans ce cas, l'abonné éloigné en informe le Bureau central et ce dernier se met en relation avec l'un des employés chargés du service des cellules ; celui-ci envoie un messager avec un avis imprimé au membre demandé de la Bourse et l'informe qu'on a besoin de lui pour une communication dans l'une des cabines.

Dans les grandes bourses, comme celle de Berlin, une chambre séparée est réservée à l'employé de service et pourvue d'un tableau commutateur et de plusieurs appareils téléphoniques.

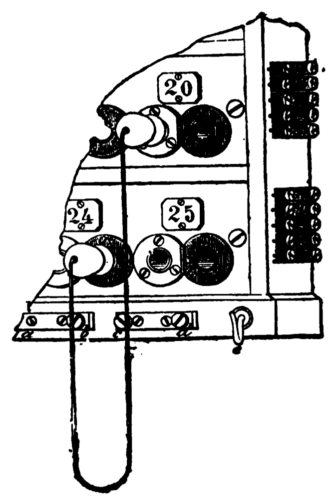


Fig. 247.

195. — La disposition du tableau commutateur sera facilement comprise par les figures 247 et 248 qui représentent des parties de ces appareils.

Il renferme 25 doubles trous de chevilles, construits de manière que les deux ressorts s'appuient sur une pièce métallique commune. Les deux trous de cheville sont l'un à côté de l'autre.

Les fils, allant du Bureau central à la Bourse, sont en communication avec les ressorts de gauche (laissés en blanc sur la figure), tandis que les fils conduisant aux cellules sont reliés aux ressorts de droite (indiqués en noir sur la figure).

Comme on le voit sur la figure 248, chaque ligne est reliée à sa cellule respective, lorsqu'il n'y a pas de fiche enfoncée.

Supposons, comme les figures l'indiquent, qu'une fiche ait été introduite dans le trou de cheville gauche n° 20, et la seconde fiche du cordon souple dans le trou de cheville droit n° 24 ; la

Digitized by Google

ligne 20 est reliée à l'appareil de la cellule 24. De cette façon, chacune des lignes peut être mise en communication avec chacune des cellules.

Un téléphone de contrôle est suspendu au crochet *e* (fig. 247), un autre sur la gauche de l'appareil.

Les fils de liaison du téléphone transmetteur sont fixés aux bornes *b* et *c*, tandis que les bornes *a* et *d* portent des cordons munis chacun d'une fiche. Si on introduit une de ces chevilles dans l'un des trous de ligne et l'autre dans l'un des trous de cellule, on amène en circuit le téléphone de contrôle, parce que le courant peut passer maintenant à travers la ligne, la cheville et la pièce métallique, mettant en communication les vis terminales, puis de là ils passent à travers le téléphone à la seconde pièce de liaison métallique et à travers le second cordon souple à la ligne spéciale de la cellule.

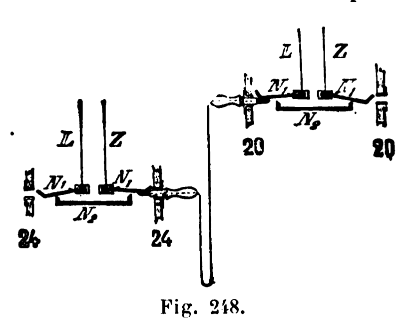


Fig. 248.

Le fonctionnement se fait d'une manière semblable à celle déjà décrite, mais avec cette différence que l'employé de service, dès qu'une cellule a été placée à la disposition d'un abonné, appelle le Bureau central au moyen de la ligne de service de ce dernier. Il le prie de relier la ligne du Bureau central n° *n* avec la ligne *x*, de manière que la personne en entrant dans la cellule trouve également la liaison déjà établie et peut immédiatement appeler le correspondant désiré.

L'usage des cellules téléphoniques (même pour les communications adressées d'un poste terminal) est seulement permis à ces abonnés du réseau téléphonique général, qui paient un abonnement additionnel pour le privilège.

196. — La construction des cabines silencieuses du British Post Office a déjà été décrite (p. 230). Ces cabines sont pour la plupart éclairées par une lampe à incandescence électrique, qui, au moyen d'un commutateur, placé sous le siège, n'éclaire que lorsque celui-ci est occupé.

Digitized by Google

CABINES D'APPEL AUTOMATIQUES

197. — Grâce à la boîte automatique introduite à Manchester, le public de cette ville peut se servir du Bureau central en payant pour chaque conversation ; et les abonnés qui veulent peuvent s'en servir gratuitement.

On les établit généralement dans des endroits fréquentés de la ville et on les relie au moyen d'un fil au Bureau central. Le service ne demande pas d'employés, le prix de paiement déposé dans la boîte est compté au Bureau central par l'employé ordinaire. Lorsqu'une personne non abonnée désire communiquer, elle fait marcher la sonnerie du téléphone ordinaire, placée sur le côté de la cabine d'appel et donne à l'employé le numéro de l'abonné Y dont elle a besoin. Si cet abonné Y est libre, l'employé dit à X de mettre son argent dans la boîte : 3 d. (30 centimes), si Y habite dans la même ville, 6 d., s'il habite dans quelque autre district. A mesure que l'argent est introduit, l'employé le compte et établit la communication en conséquence. Lorsque c'est un abonné qui appelle, l'employé lui dit d'introduire sa clef et de tourner une fois. C'est ce qui donne le signal demandé et la communication est établie immédiatement. Dans les localités où les abonnés n'ont pas l'usage gratuit de la cabine, celle-ci ne porte pas le mécanisme pour recevoir la clef.

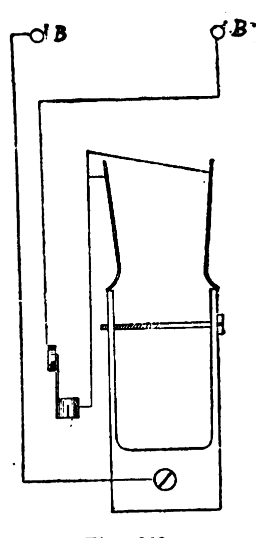


Fig. 249.

La cabine porte deux fentes tout en haut, l'une pour des pièces de 10 centimes (1 d.), l'autre pour des pièces de 60 centimes (6 d.). Par devant, il y a deux ouvertures pour les clefs des abonnés, l'une pour les communications locales, l'autre pour les communications interurbaines.

198. — Pour mettre l'employé au Bureau central en état de

Digitized by Google

faire les opérations décrites plus haut, il y a au Bureau central un relais avec une pile locale et une sonnerie. Le circuit de ligne de ce relais a l'une de ses extrémités mise à la terre, l'autre est amenée à une fiche de liaison spéciale, ayant dans son circuit une pile de quelques éléments.

Lorsque d'un de ces postes d'appel quelqu'un donne ses instructions à l'employé, celui-ci intercale cette fiche spéciale dans le circuit de la ligne, l'indicateur est mis hors circuit et la pile envoie un courant sur la ligne. Le circuit du relais se ferme et le marteau de la sonnerie repose sur le timbre. Chaque fois que le circuit du fil de ligne est coupé, la sonnerie se mettra en branle et l'arrangement de la cabine automatique est tel que chaque penny (10 centimes) en tombant dans la boîte coupe momentanément le circuit de la ligne au moyen de deux ressorts (fig. 249). Si on y mettait un demi-penny, celui-ci pourrait rompre le contact de l'un des deux ressorts, mais pour que le signal puisse être transmis, il faut que les deux ressorts agissent en même temps, un demi-penny ne peut pas obtenir cet effet à cause de ses dimensions trop petites. Un abonné local, en introduisant et tournant sa clef, coupe également le circuit de la ligne et fait marcher la sonnerie au Bureau central.

199. — Si la communication demandée exige qu'une pièce de six pence (60 centimes) soit introduite dans la boîte, l'employé ne se sert pas de la fiche spéciale au Bureau central, mais garde le téléphone à l'oreille. La pièce de six pence, en tombant dans la boîte, coupe le circuit local du téléphone au poste d'appel, circuit qui passe par la cabine automatique.

Ici, comme dans le premier cas, une pièce de monnaie plus petite, (3 d. par exemple) n'aura pas d'effet et outre la pièce de six pence, la clef d'un abonné des lignes interurbaines pourra seule couper le circuit local. Lorsque le circuit local a été coupé par un de ces deux moyens, l'employé au Bureau central entend un petit bruit sec bien distinct ; averti ainsi de ce qui se passe, il établit la communication demandée.

200. — Une modification de ce fonctionnement permet de ne pas employer de relais ni de sonnerie au Bureau central, mais

Digitized by Google

exige simplement un courant de pile lancé dans la ligne à travers le téléphone de l'employé ; un employé quelque peu exercé peut, avec une certitude parfaite, distinguer le bruit causé par l'interruption du circuit local d'avec celui causé par l'interruption du circuit de la ligne principale, traversée par un courant permanent. Dans le dernier cas, c'est un bruit sourd comme celui d'une lourde pierre en tombant; dans le premier cas, c'est un petit bruit sec.

Une autre modification consiste en ce que la pièce de monnaie, en tombant dans la boîte au poste d'appel, interrompt un circuit local sur lequel se trouve une sonnerie ; le bruit de cette dernière est transmis par le téléphone du poste d'appel, à l'employé du Bureau central qui écoute.

Digitized by Google

CHAPITRE XXIII

I. ENREGISTREUR AUTOMATIQUE DES COMMUNICATIONS

201. — Cet instrument fut imaginé par M. J.-D. Miller, de la Compagnie Nationale du Téléphone, Dundee, pour enregistrer automatiquement le nombre de communications données par un employé. Une longue expérience le prouve, c'est en vain que l'on s'attendrait à ce que les employés eux-mêmes tiennent exactement un registre pareil.

L'appareil se compose essentiellement d'un électro-aimant, dont l'armature engrène avec une roue à rochet, et fait avancer un index qui compte jusqu'à 10.000. Chaque fiche de commutateur est munie d'un renflement métallique, qui ferme momentanément le circuit d'une pile à travers les bobines de l'électro-aimant du registre, chaque fois que la fiche est enlevée de sa position de repos pour établir une communication. Comme chaque cordon de commutateur a deux fiches et que chaque fiche établit deux contacts par communication, pour obtenir le nombre net de communications, à la fin de la journée, il faut diviser par quatre le nombre fourni par l'index. Lorsque chaque employé dans un Bureau central est muni d'un compteur, il y a un moyen d'obtenir un registre très parfait du trafic et l'employé peut donner plus d'attention aux commutateurs que lorsqu'il a à tenir un registre par écrit. Par la combinaison d'un cylindre et d'une feuille de papier semblable à celle des enregistreurs météorologiques, le compteur donne un bulletin permanent du nombre de conversations; en y ajoutant un mouvement d'horlogerie, on obtient l'indication du temps auquel elles eurent lieu et la durée de chacune. Avec cette dernière annexe, l'instrument devient un enregistreur

Digitized by Google

précieux dans un poste téléphonique public, où la redevance à payer est proportionnée à la durée.

II. APPAREIL POUR LA DISTRIBUTION DE L'HEURE SUR LES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES

202. — Cet appareil accessoire pour Bureaux centraux, était exposé par M. Oram à l'Exposition de Philadelphie, en 1884.

Il envoie à chaque minute dans tout le réseau des courants intermittents, trop faibles pour empêcher les conversations, mais en même temps assez énergiques pour produire un bruit court et distinct à des intervalles réguliers.

L'abonné, pour savoir le temps exact, n'a qu'à décrocher son téléphone et qu'à le tenir à l'oreille. A chaque minute, il entend un faible bourdonnement qui attire son attention et immédiatement après une succession de signaux qui donnent l'heure et la minute.

Supposons qu'il ait entendu deux signaux suivis d'un petit intervalle, puis trois signaux suivis d'un autre intervalle et enfin sept signaux. Cela voudrait dire qu'au moment du signal prochain, c'est-à-dire après une minute écoulée, il sera 2 heures et 37 minutes.

L'appareil complet se compose d'une horloge qui fait contact à chaque minute et qui actionne un appareil de distribution. Celui-ci, qui a la forme d'un tambour, engrène, à chaque contact, avec l'axe d'un électromoteur qui est toujours en mouvement et est animé par une pile spéciale. Sur la surface du tambour sont fixées, comme sur celui d'une boîte à musique, une série de pointes, représentant les heures, les dizaines de minutes et les unités de minutes. Ces pointes, pendant la rotation du tambour, actionnent un levier qui porte un marteau et celui-ci, pendant un tour de rotation du tambour frappe autant de fois qu'il y a de pointes actives sur la circonférence. A chaque coup de marteau, un contact s'établit avec l'aide d'une pile spéciale et un courant de courte durée est lancé sur la ligne.

Au moyen d'un mécanisme très simple, à chaque minute une

Digitized by Google

nouvelle série de pointes agit sur le levier, de façon qu'à chaque nouvelle minute un coup s'ajoute au nombre donné précédemment ; après neuf coups, le total est atteint et alors, c'est la dizaine de minutes qui s'ajoute. La même opération se fait automatiquement pour les heures. Le moteur électrique est très simple. En face des pôles d'un aimant en fer à cheval, se trouvent deux bobines munies d'un commutateur sur leur axe. Les mouvements du moteur lui-même seraient trop rapides pour actionner directement le tambour ; on a donc intercalé entre les deux un engrenage dont les roues retardent le mouvement.

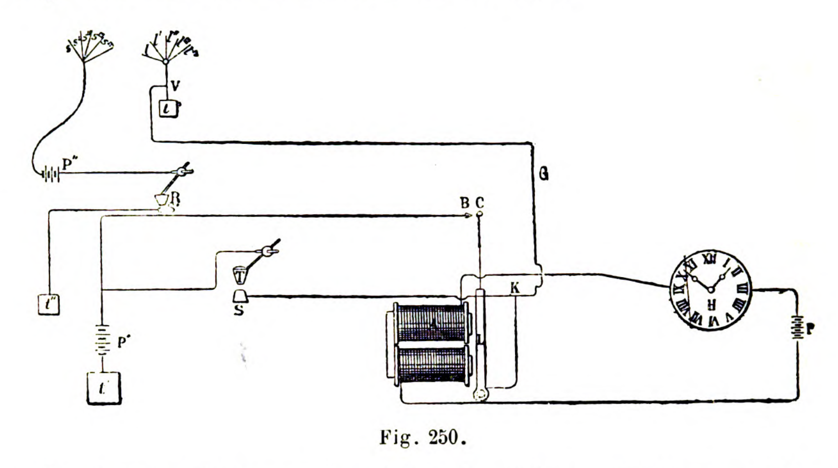


Fig. 250.

La figure 250 donne le schéma des liaisons électriques : H est l'horloge qui fait contact à chaque minute et lance un courant dans le relais A. L'armature est attirée et le tambour mis en mouvement ; en même temps, une petite plaque métallique C, montée sur un ressort à l'extrémité de l'armature, touche momentanément la vis B et répète ce contact plusieurs fois par suite des vibrations que le choc lui communique. Chaque fois qu'il y a contact entre B et C, le courant de la pile P' passe par B, C, l'armature L et va ensuite par G et V à toutes les lignes des abonnés qui ont une communication à la terre commune. Dans ce but, la communication entre le tableau commutateur et la terre est rompue. Tous les abonnés qui à ce moment, tiennent leur téléphone à l'oreille, entendent le bourdonnement produit par une série de contacts rapides entre B et C. L'expérience a montré que le Bureau central

Digitized by Google

peut couper sa communication à la terre sans en éprouver d'inconvénients, et que par suite on peut établir cette communication sur toutes les lignes allant à tous les abonnés.

Le mouvement de l'armature L du relais A met en rotation le tambour dont les pointes ou petites chevilles obligent le marteau T à frapper contre le contact S et le nombre de coups frappés correspond aux heures et minutes indiquées par l'horloge H. A chaque coup de marteau, un contact s'établit entre T S et le courant de la pile P′ passe par T, S, G, V, dans toutes les lignes.

Chaque contact est de peu de durée ; un son distinct est entendu dans tous les téléphones décrochés de leurs commutateurs et les coups de marteau peuvent être facilement comptés.

La *National Time Regulating Company*, de Boston, qui exploite cette patente, a fixé le prix de l'abonnement par an à un dollar.

203. — Le système d'Oram a été adopté à Lowell (Mass.) par la *New England Telephone Company*. Cependant une difficulté pratique s'est présentée, mais elle a été surmontée d'une manière simple et ingénieuse. On trouva que, lorsque les signaux étaient transmis aux abonnés payant leur cotisation annuelle, ils étaient entendus également de beaucoup d'autres abonnés dont le circuit n'était cependant pas en relation avec l'appareil d'Oram.

Pour empêcher que les non-abonnés ne profitent ainsi gratuitement des avantages du système, on a ajouté un second marteau R (fig. 250), qui donne des signaux additionnels pour produire de la confusion. Dans ce but, toutes les lignes S, S′, S″, etc., des non-abonnés sont jointes ensemble après leur passage par le tableau des annonciateurs, et reliées, par l'intermédiaire d'une pile, P″, au marteau de « *confusion* » R. Le tambour actionne ce marteau de la façon la plus propre à induire en erreur. A chaque coup, un courant est lancé dans la ligne qui produit un bruit rendu aussi semblable que possible au bruit d'induction régulier de la distribution réelle.

Digitized by Google

CHAPITRE XXIV

TÉLÉPHONIE MULTIPLEX ET A LONGUE DISTANCE

I. — TÉLÉPHONIE MULTIPLEX

204. — La téléphonie duplex et multiplex diffère essentiellement de la télégraphie duplex, puisque de deux séries de courants téléphoniques ordinaires arrivant d'une seule ligne, il est impossible de diriger l'une à travers un premier téléphone et l'autre à travers un second. Il faudrait, pour atteindre ce résultat, se servir de courants et de téléphones d'une nature différente, de manière que chaque téléphone ne répondît qu'aux courants qui lui sont destinés. Les efforts des téléphonistes se sont donc portés d'un autre côté ; ils ont tâché d'augmenter la capacité de courant des circuits métalliques et d'obtenir ainsi, entre deux villes, autant de lignes en fonctionnement qu'il y a de fils. Les dispositions ordinaires ne permettent pas d'atteindre ce résultat, parce qu'elles laissent subsister la possibilité de surprendre les conversations, ainsi que d'autres dérangements provenant de l'induction; les systèmes adoptés jusqu'ici ont donc pour but de permettre le fonctionnement de deux circuits distincts sur un seul lacet métallique.

Le meilleur système américain est indiqué par la figure 251. PP, P′P′ sont les circuits primaires et SS, S′S′ les circuits secondaires de quatre translateurs, disposés deux à deux à chaque extrémité du circuit métallique. A chaque station, les circuits primaires sont enroulés différentiellement de manière que les courants, arrivant de T ou T′ et se divisant entre eux produisent des courants égaux et de sens contraire dans les circuits secondaires et n'affectent pas les téléphones TT et T′T′. Mais les courants engendrés dans TT ou

Digitized by Google

T'T' en relation avec les circuits secondaires, induisent des courants dans les circuits primaires, qui circulent dans le lacet métallique, mais n'affectent pas les téléphones T et T' mis à la terre. En théorie, le système est exact, et dans les expériences, il donne des résultats satisfaisants ; mais, en pratique, la résistance et l'inertie magnétique d'un si grand nombre de translateurs à

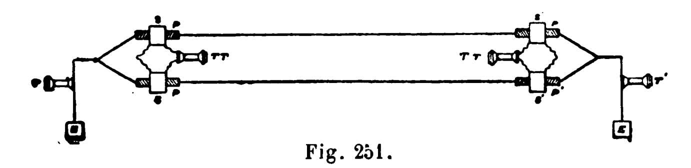


Fig. 251.

noyaux détruit la parole dans le circuit métallique. C'est surtout le cas lorsque les permutations à faire dans un Bureau central rendent nécessaire de remplacer les téléphones par d'autres translateurs, portant le total à six.

205. — Dès l'année 1882, M. Frank Jacob, Ingénieur-Conseil de MM. Siemens frères, inventa un système qui utilise le principe du pont de Wheatstone. Il est représenté par la figure 252. A cha-

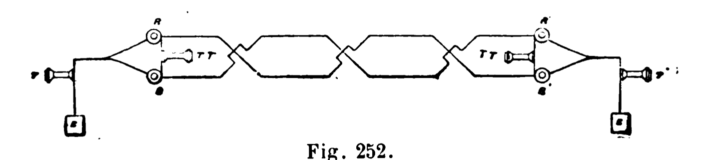


Fig. 252.

que bout, les deux bobines de résistance doivent s'équilibrer exactement ; il n'est toutefois pas nécessaire que les quatre s'équilibrent. Les fils formant le lacet métallique doivent aussi avoir une conductibilité, une isolation et une capacité égales. Dans ces conditions, T peut communiquer avec T' et TT avec T'T', sans que le son le plus faible de l'une des conversations arrive aux autres. Les courants prenant naissance en T se divisent entre RR, passent de chaque côté de TT sans l'affecter, parcourent les deux fils du lacet et après avoir passé R'R' se rejoignent pour aller par T' à la terre. Les courants qui partent de TT peuvent suivre trois chemins : 1° par RR et de retour ; 2° par l'un des fils du lacet TT' et de retour par l'autre fil, et 3° par l'un des fils du circuit R'R' et de retour

Digitized by Google

par l'autre fil. Mais le second a de loin la plus faible résistance, et si le lacet métallique est de cuivre, la parole est tout aussi bonne que sur un circuit métallique ordinaire. L'introduction d'une simple résistance dans une ligne téléphonique simple avec retour par la terre n'a pas d'influence perceptible sur la transmission de la parole, de manière que la section du système, qui prend la terre comme retour donne également une bonne communication. T et TT peuvent se trouver dans deux quartiers différents d'une ville, tandis que T′ et T′T′ se trouvent dans deux quartiers différents d'une autre ville.

Au lieu d'être placé aux extrémités d'un lacet métallique, comme le schéma le montre, le circuit à la terre peut être détaché en deux

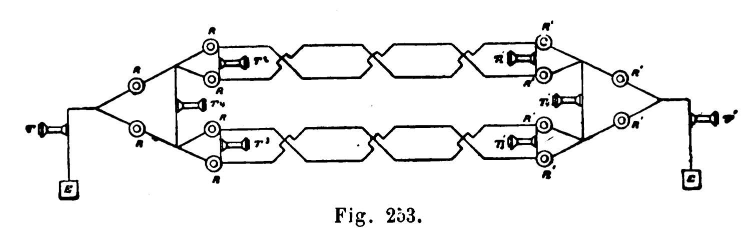


Fig. 253.

points quelconques. Ainsi, sur un circuit métallique entre Londres et Brighton, on pourrait employer un circuit avec retour par la terre entre Croydon et Lewes, par exemple. Le circuit, avec retour par la terre, toutefois, n'est en réalité qu'un fil simple et, comme tous les fils simples, il est sujet aux troubles d'induction, provenant de lignes voisines parallèles. Le circuit métallique évidemment n'est pas sujet à ces inconvénients. Pour le service des Bureaux centraux, des indicateurs et des translateurs avec l'arrangement de commutateurs ordinaires, sont intercalés en TT, T′T′ au lieu de téléphones. Les dispositions ordinaires pour sonneries suffisent. Ce système a fonctionné pendant quelque temps sur les lignes de la Compagnie Nationale des Téléphones, qui relient entre elles les différentes villes du Cumberland, et il a été également essayé avec succès entre Glasgow et Paisley, et d'autres localités.

La figure 253 montre un développement du système au moyen duquel, sur deux lacets métalliques, on peut faire fonctionner quatre circuits. Si la ligne est sujette à l'induction télégraphique, on peut retrancher le circuit avec retour par la terre, en retenant

Digitized by Google

seulement les trois circuits métalliques $T_2T'_2$, $T_3T'_3$, $T_4T'_4$. La parole sur le dernier est affaiblie par la résistance considérable qu'elle a à traverser, mais s'il y a en dérivation des condensateurs d'une capacité suffisante pour transmettre la parole, ce circuit fonctionnera tout aussi bien que les autres.

II. — TÉLÉPHONIE A LONGUE DISTANCE

206. — C'est un fait bien connu que la transmission de la parole au moyen du téléphone est très difficile, lorsqu'on emploie pour le service plusieurs fils parcourant de longues distances sur les mêmes poteaux. Par suite de l'induction mutuelle des courants, une conversation transmise sur une ligne peut être parfaitement entendue dans un téléphone placé sur le circuit d'un autre ligne parallèle à la première; ce qui pis est, les courants plus énergiques employés pour le service télégraphique, et passant le long des fils tendus entre les poteaux, manifestent leurs effets d'induction sur les fils téléphoniques en produisant dans le téléphone ce bruit de friture qui rend souvent les communications téléphoniques, sinon absolument impossibles, au moins très pénibles.

Ces bruits fâcheux sont affaiblis considérablement si les courants télégraphiques, au lieu de prendre naissance brusquement et de disparaître de la même façon, comme c'est généralement le cas dans les dispositifs télégraphiques ordinaires, n'atteignent que graduellement leur énergie entière et s'affaiblissent également peu à peu.

Au commencement de l'année 1882, M. J.-F. Van Rysselberghe, Electricien-Conseil de l'Administration des Télégraphes de Belgique, eut l'idée de se servir de la retardation d'une bobine électromagnétique intercalée dans le circuit téléphonique, pour prévenir la génération brusque d'un courant électrique dans son énergie pleine et entière au moment où on ferme le circuit, c'est-à-dire où on appuie sur la clef Morse. Evidemment, cet effet de retardation de l'inertie électromagnétique se fait également sentir en empêchant la disparition brusque du courant à la rupture du circuit lorsqu'on lâche la clef Morse.

Digitized by Google

Dans ses premières expériences, M. van Rysselberghe intercalait entre le contact supérieur de la clef Morse et le pôle de la pile en relation avec cette dernière la bobine d'un électro-aimant à noyau de fer. Le son obtenu à la fermeture et à l'ouverture d'un circuit téléphonique avec cette disposition-là est affaibli considérablement. L'affaiblissement est encore plus accentué si, comme van Rysselberghe l'a suggéré plus tard, on intercale un second électro-aimant entre la clef et la ligne et un condensateur entre la borne de ligne de la clef et le pôle de la pile qui est en relation avec la terre.

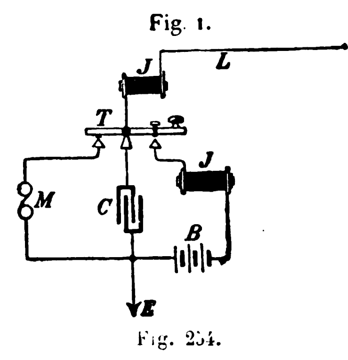


Fig. 254.

Cette disposition est indiquée par le schéma de la figure 254 ; L est la ligne ; T, la clef Morse ; M, un récepteur télégraphique; J, J, les électro-aimants ; B, la pile ; C, le condensateur ; E, la terre.

En abaissant la clef, on charge le condensateur, et une certaine quantité d'énergie électrique est dépensée à cet effet au moment de la fermeture du circuit : le courant ne peut par suite atteindre son énergie entière que lorsque le condensateur est complètement chargé. A l'ouverture du circuit, au moment où la clef est lâchée, il se produit une décharge du condensateur; l'énergie, emmagasinée dans l'armature du condensateur, s'écoule dans la ligne, lorsque la communication entre la pile et la ligne est rompue ; de cette manière, on empêche la disparition brusque du courant de la ligne. Il est vrai que le temps requis pour charger et décharger le condensateur est très court; cependant l'effet, réuni à celui des électro-aimants intercalés, suffit pour prévenir sinon entièrement, au moins dans une forte mesure, les bruits provenant de l'induction.

L'expérience a montré qu'on obtient les meilleurs résultats avec des électro-aimants de 500 ohms de résistance, et des condensateurs de 2 microfarads de capacité.

Les courants de pile, prenant naissance et s'éteignant graduellement, produisent naturellement des courants induits dans les

Digitized by Google

lignes voisines parallèles; mais quoique les courants mettent en vibration la membrane d'un téléphone placé sur une ligne quelconque, les sons qui résultent de ces vibration sne sont plus caractérisés par la crépitation désagréable. Si les dispositions sont convenablement effectuées, les sons sont amortis à tel point que la conversation par téléphone n'en souffre en aucune façon.

207. — Dans le cours de ses expériences, M. van Rysselberghe eut l'idée qu'il ne serait peut-être pas impossible, par une disposition convenable des appareils décrits plus haut, de se servir de la même ligne pour le télégraphe et le téléphone : il résolut ce problème intéressant de la manière suivante :

Si l'extrémité d'une ligne est mise en communication avec l'une

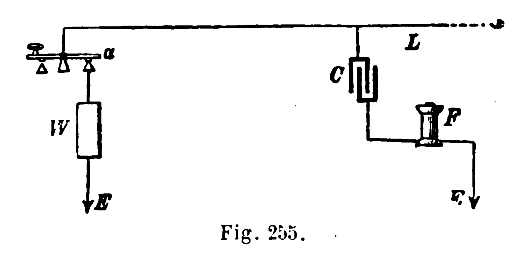


Fig. 255.

des armatures d'un condensateur et qu'on intercale un circuit téléphonique entre la seconde armature du condensateur et la terre, en ayant soin d'adopter une disposition semblable à l'autre bout de la ligne, les deux stations peuvent communiquer sans aucune difficulté. Si en avant du condensateur (fig. 255) la ligne est reliée à la terre, en passant d'abord par une résistance W, les communications téléphoniques ne seront troublées en aucune façon par la fermeture et la rupture alternative du contact en *a*. Si au lieu de la clef et de la résistance W on emploie l'appareil représenté figure 254, pour égaliser le niveau des ondes des courants, les courants nécessaires pour le fonctionnement du télégraphe n'auront aucune action sur les communications téléphoniques. Le problème des communications simultanées par le télégraphe et le téléphone sur une seule et même ligne est donc virtuellement résolu.

Les dispositions requises à cet effet sont indiquées par le schéma

Digitized by Google

de la figure 256. Les stations téléphoniques F_1 et F_2 peuvent naturellement se trouver dans des localités différentes que les bureaux téléphoniques I et II. Les condensateurs intercalés C ont une capacité d'un $\frac{1}{2}$ microfarad.

Si, outre la ligne qui doit fonctionner dans le système combiné, d'autres lignes télégraphiques sont installées sur les mêmes poteaux, chaque bureau télégraphique sur chacune de ces lignes doit être muni d'un groupe semblable d'appareils, même dans le cas où la première ligne seule doit être employée pour téléphonie et télégraphie simultanées.

Si une seconde ligne télégraphique est montée de la même manière pour l'usage simultané du téléphone, les communications téléphoniques ne sont pas troublées par le service télégraphique ; mais il se présente alors un autre inconvénient, à savoir, les communications téléphoniques transmises sur l'une des deux lignes peuvent être entendues sur l'autre ligne.

On remédie le plus facilement aux effets funestes de l'induction en employant deux conducteurs réunis en un seul circuit pour chaque liaison téléphonique individuelle. Ceci ne présente pas de difficultés dans le cas de l'emploi simultané de ces lignes pour les communications téléphoniques et télégraphiques. La jonction d'une station téléphonique avec une autre au moyen d'un circuit formé de deux lignes télégraphiques peut être effectuée de la manière indiquée figure 257. Chacune des deux lignes L_1 et L_2 est reliée à l'une des armatures des deux condensateurs C, tandis que les autres armatures sont reliées par des fils sur lesquels sont placés les téléphones F_1 et F_2. Les communications télégraphiques entre I et II se font sans la moindre difficulté ; si les systèmes anti-inducteurs de van Rysselberghe sont adaptés aux appareils MM des bureaux télégraphiques I et II appartenant aux lignes L_1 et L_2, comme aussi aux appareils de toutes les autres lignes fixées sur les mêmes poteaux, le service télégraphique n'aura pas non plus d'influence sur les communications téléphoniques entre F_1 et F_2.

208. — Cette disposition cependant exige l'emploi d'une double ligne pour la jonction des postes téléphoniques particuliers avec le Bureau central. Pour éviter ces frais, van Rysselberghe a imaginé

Digitized by Google



une transmission entre une ligne double et une ligne simple au moyen de bobines d'induction, et a complété son système par l'addition d'un relais téléphonique (fig. 258). Le relais téléphoni-

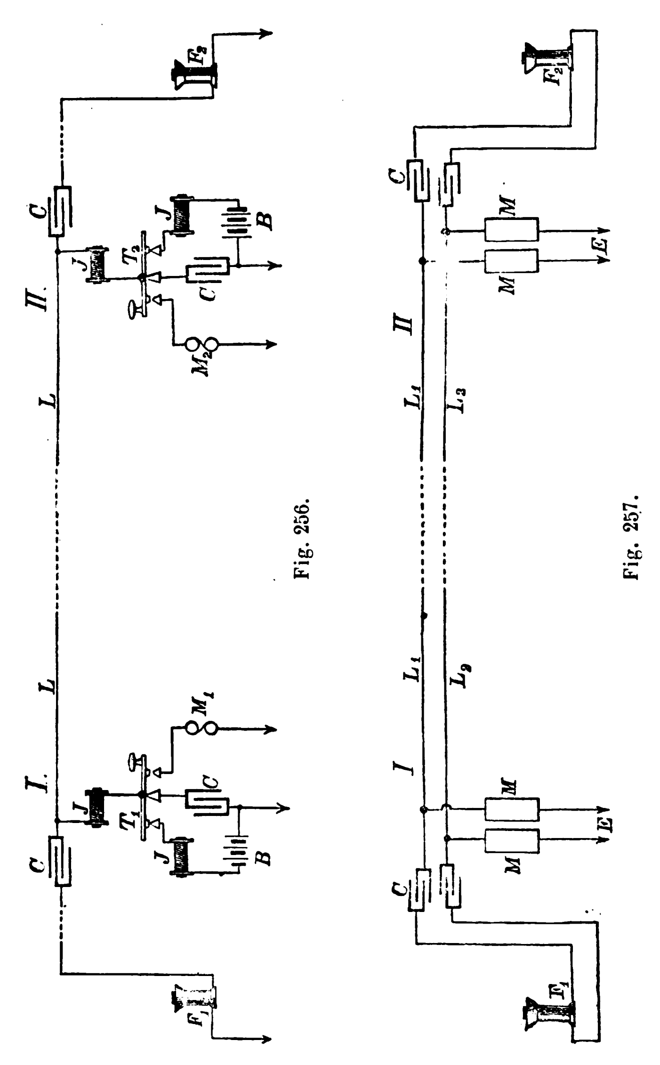


Fig. 256.

Fig. 257.

que FR, qui permet une transmission plus facile de signaux d'appel et de fin de conversation, consiste en un téléphone ordinaire contre la membrane duquel s'appuie un petit marteau métallique fixé à l'extrémité libre d'un léger levier ou d'une mince lame de ressort. La membrane et le marteau, isolés l'un de l'autre, sont

Digitized by Google

reliés aux pôles d'une pile. Dans le circuit de la même pile, se trouvent également les bobines de l'appareil à signaux. A l'état de repos la pile est mise en court-circuit, formé par la membrane du relais téléphonique et le marteau en contact avec elle: il n'y a donc qu'une petite partie du courant de la pile, qui passe par les bobines de l'appareil à signaux S, pas assez, de fait, pour le mettre en branle. Si toutefois des courants électriques de courte durée circulent en se succédant rapidement à travers la bobine du relais téléphonique, la membrane est vivement mise en vibration, le contact entre elle et le marteau cesse et la commu-

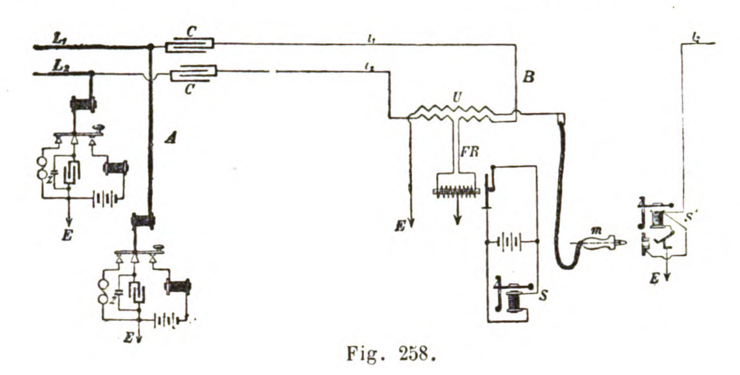


Fig. 258.

nication avec la pile est interrompue. Le courant de la pile actionne maintenant l'appareil à signaux, à travers lequel il passe avec toute son énergie. Cette disposition a beaucoup facilité le fonctionnement du système van Rysselberghe; auparavant, à cause des condensateurs en circuit, qui interrompaient la liaison métallique des conducteurs, les signaux d'appel et de fin de conversation ne pouvaient pas être envoyés de la manière habituelle.

209. — Les courants intermittents nécessaires au fonctionnement du relais téléphonique sont obtenus par l'introduction d'un interrupteur automatique dans le circuit de la pile d'appel. La figure 259 montre la disposition telle qu'elle est adoptée aux stations téléphoniques.

Il est évident que ce système présente, dans de certaines conditions, des avantages considérables, puisqu'il dispense de l'emploi d'une ligne téléphonique spéciale; cependant il est généralement

Digitized by Google

moins coûteux de construire une ligne téléphonique spéciale que d'installer l'appareil anti-inducteur à chaque station. Lorsque le nombre de ces appareils est considérable, cette installation occasionne des frais élevés et exerce en outre une influence retardatrice très sérieuse sur le système télégraphique.

Les stations téléphoniques suivantes, en Belgique, sont maintenant organisées d'après ce système :

Bruxelles-Anvers,	44	kilomètres.
Bruxelles-Gand,	57	—
Anvers-Gand,	80	—

210. — Des expériences faites par M. Van Rysselberghe entre New-York et Chicago, villes séparées par une distance de 1.010 milles (1.625 kilomètres) ont mis hors de doute que le succès de l'expérience dépendait entièrement de l'espèce de fil employé comme conducteur.

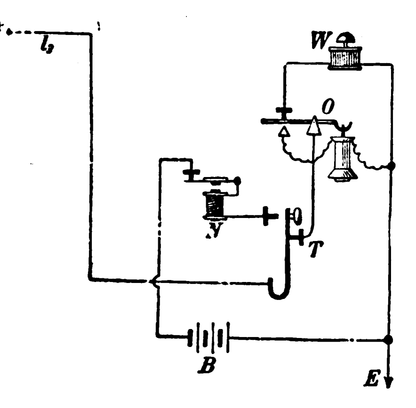


Fig. 259.

Avec du fil de fer, la parole n'était pas satisfaisante pour une distance dépassant 250 milles (400 kilom.), et à une distance de 620 milles (1.000 kilom. environ), on n'entendait absolument plus rien.

Avec des conducteurs de cuivre, le cas était tout différent. On put tenir une conversation très satisfaisante entre Fostoria et New-York, séparés par une distance de 730 milles (1.168 kilom.), en se servant d'un fil de cuivre de 2,7 millimètres de diamètre (N° 12). Les sons étaient assez faibles, mais parfaitement distincts, et S, la lettre la plus difficile pour la transmission téléphonique, pouvait être entendue très nettement.

Le même fil entre Fostoria et Albany, une distance de 585 milles (940 kilom.), donna des résultats, qui même d'un point de vue commercial, étaient tout à fait satisfaisants. Dans le dernier cas, la résistance totale du fil d'aller était de 3.660 ohms, celui du fil de retour de 3.347 ohms : la capacité statique totale du circuit était de 3,3 microfarads, et l'isolation de 296 megohms par mille.

Digitized by Google

Un fil plus mince, d'un diamètre de 2,1 millimètres (N° 14), employé pour la même distance, ne donna pas de résultats satisfaisants. Une comparaison des résultats obtenus avec les deux fils n° 12 et n° 14 montrait qu'avec des conducteurs de cuivre (ou tout autre métal non susceptible d'aimantation, comme du bronze phosphoreux, par exemple), le pouvoir de transmission du téléphone était pour la même distance et les mêmes conditions, approximativement proportionnel à la conductibilité du fil.

Des expériences furent faites sur un circuit appartenant à la Compagnie des Lignes Télégraphiques Réunies entre New-York et Chicago, dont le fil avait un diamètre de 6 millimètres. Ce fil est composé et a une âme d'acier de 3 millimètres entourée de cuivre. Le service télégraphique ordinaire était fait sur tous les fils de la ligne et les appareils anti-inducteurs de Van Rysselberghe furent employés dans toutes les expériences : on constata que la parole était possible.

Pour résumer ces résultats, on a obtenu des communications téléphoniques satisfaisantes, même à un point de vue commercial ;

Avec un fil de	2,1	millimètres à une	distance de . . .	500	kilomètres
—	2,7	—	—	941	—
—	6	—	—	1625	—

Ces expériences semblent démontrer que la question de la téléphonie à longue distance est absolument indépendante de l'espèce de téléphone employé et que la condition du conducteur seule est le facteur décisif. Les conditions qui exercent de l'influence sur la distance, à laquelle la transmission de la parole est possible, sont exposées tout au long au § 74.

211. — Beaucoup d'expériences ont été faites en Amérique et en Angleterre dans le but d'utiliser les fils télégraphiques existants pour les communications téléphoniques ; la possibilité de superposer les courants ondulatoires très faibles que l'on emploie en téléphonie avait été démontrée par M. C.-F. Varley, en l'année 1870. Elisha Gray, Edison, et d'autres ont employé avec plus ou moins de succès sur les lignes existantes des systèmes autres que les téléphones parlants ; en Angleterre, le capitaine Cardeew, du

Digitized by Google

corps des Royal Engineers, a fait sur ce sujet, avec beaucoup de succès, une série d'expériences très complète. Il y a cependant des raisons d'ordre pratique et commercial qui ont empêché, en Angleterre, d'utiliser dans la pratique la possibilité de se servir des fils télégraphiques pour la téléphonie.

Digitized by Google

CHAPITRE XXV

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT

212. — Le système ordinaire de pourvoir chaque abonné d'un réseau téléphonique d'un fil spécial (quelquefois même de deux) entraîne des frais considérables. Il y a sans doute des abonnés qui se servent continuellement de leur ligne, et ceux-là doivent avoir nécessairement un circuit particulier entièrement à leur disposition ; mais quant aux abonnés ordinaires, la moyenne des appels ne dépasse pas dix par jour, de sorte que la plupart du temps, les fils ne sont pas occupés et qu'ils ne font pas même la dixième partie du travail qu'ils peuvent accomplir ; ils offrent ainsi un contraste frappant avec les fils télégraphiques que l'on utilise souvent jusqu'à la dernière limite, et dont on épuise la capacité au moyen d'appareils multiples et rapides ; les fils téléphoniques au contraire sont libres pendant les neuf dixièmes du temps. Cette considération est certainement de nature à montrer que la téléphonie est encore dans son enfance, et que dans cette direction, au moins, on peut s'attendre à des perfectionnements importants.

On a fait, avec plus ou moins de succès, un grand nombre de tentatives pour placer plusieurs abonnés sur un seul circuit et pour tirer ainsi plus d'utilité des fils ; mais, sous ce rapport, il y a une grande différence dans les conditions propres à la télégraphie et à la téléphonie. Rien n'est plus aisé que de placer plusieurs stations télégraphiques sur le même fil, tandis que dans la téléphonie les conditions sont entièrement changées : les abonnés ne sont pas des employés auxquels on peut donner des instructions spéciales ; il ne faut pas qu'ils soient dérangés par des appels qui ne s'adressent pas à eux ; ils ont le droit de demander que d'autres abonnés sur

Digitized by Google

la même ligne ne puissent pas surprendre leur conversation. Toutes ces conditions, qui nécessitent des dispositions compliquées, n'existent pas en télégraphie. Une solution parfaitement pratique, qui satisferait à toutes ces exigences, serait un grand bienfait pour la téléphonie. D'abord, il permettrait une diminution considérable dans le nombre de fils, qui, dans les grandes villes, s'entre-croisent dans toutes les directions au-dessus des toits ; en effet, il serait alors possible de desservir un beaucoup plus grand nombre d'abonnés avec le même nombre de fils ; en outre, les villages qui entourent les centres populeux pourraient être aisément desservis par un seul fil.

213. — Les conditions que doit remplir un système pareil sont les suivantes :

1° Le Bureau central doit pouvoir appeler chaque abonné sans déranger les autres abonnés placés sur la même ligne ;

2° Chaque abonné doit pouvoir appeler le Bureau central, sans déranger un autre abonné quelconque ;

3° Lorsqu'un abonné est en communication avec le Bureau central, ou par l'intermédiaire de ce dernier avec un second abonné, il doit être impossible aux autres abonnés placés sur la même ligne de surprendre ou d'interrompre la conversation ;

4° Deux abonnés quelconques placés sur la même ligne doivent pouvoir communiquer ensemble.

Les solutions proposées peuvent être classées en trois catégories.

La première catégorie est limitée à trois abonnés sur le même fil ou quatre abonnés sur un fil double.

Dans les solutions de la seconde catégorie, la disposition est telle que le fil unique va jusqu'à un endroit plus ou moins distant du Bureau central et de là rayonne vers un nombre illimité d'abonnés. (Système radial.)

La troisième solution comprend les systèmes, d'après lesquels un nombre illimité d'abonnés se trouvent disposés l'un après l'autre sur le même fil. (Système en série.)

Digitized by Google

(a). — SYSTÈME ADER[1]

214. — Ce système est adapté au circuit métallique complet de Paris et permet de placer quatre postes indépendants d'abonnés sur un circuit pareil à double fil.

A l'état de repos, le lacet est complet au Bureau central, mais il est en communication avec la terre à mi-chemin entre les quatre abonnés ; quand l'employé au Bureau central veut appeler l'un

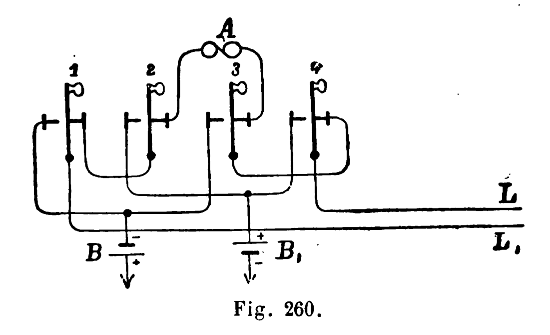


Fig. 260.

des quatre abonnés, il coupe le circuit d'un des deux fils et envoie dans l'autre un courant positif ou négatif qui, d'après la ligne choisie et la direction du courant, agit sur l'un des quatre relais. Quand un abonné décroche son téléphone, le lacet devient complet sur toute la ligne, la communication à la terre est rompue, et la conversation téléphonique peut suivre son cours régulier. Tout ceci se comprendra mieux à l'aide des figures 260 et 261.

La figure 260 représente les quatre boutons d'appel 1 à 4, au Bureau central ; A est l'annonciateur, qui entre en action dès que l'un des quatre postes appelle ; aussitôt un appel pareil reçu, l'employé place son téléphone en circuit ; L et L' sont les deux fils du lacet ou du circuit métallique complet ; B et B_1 deux piles d'appel. Un courant arrivant par L traverse les boutons d'appel 4, 3, l'annonciateur A, les boutons d'appel 2 et 1 et retourne par L'. Lorsque l'employé du bureau central abaisse le bouton 1, il lance un courant négatif dans la ligne L', et L est mis hors circuit. En appuyant

[1] *Journal Télégraphique*, vol. XI, p. 189.

Digitized by Google

sur le bouton d'appel 2, il lance un courant positif dans la ligne L′. De même, des courants négatifs et positifs sont lancés sur la ligne L par les boutons d'appel 3 et 4 respectivement.

La figure 261 montre la combinaison de quatre postes d'abonnés I à IV intercalés dans le lacet, L L′. Chacun de ces postes comprend un appareil micro-téléphonique, indiqué par le téléphone F, un commutateur automatique U, un bouton d'appel T, un annonciateur S, un relais polarisé R, une sonnerie d'appel W et une pile locale *b*. Les quatre postes ont en outre en commun un relais R′ et une pile B. L'appel émanant du Bureau central parcourt le

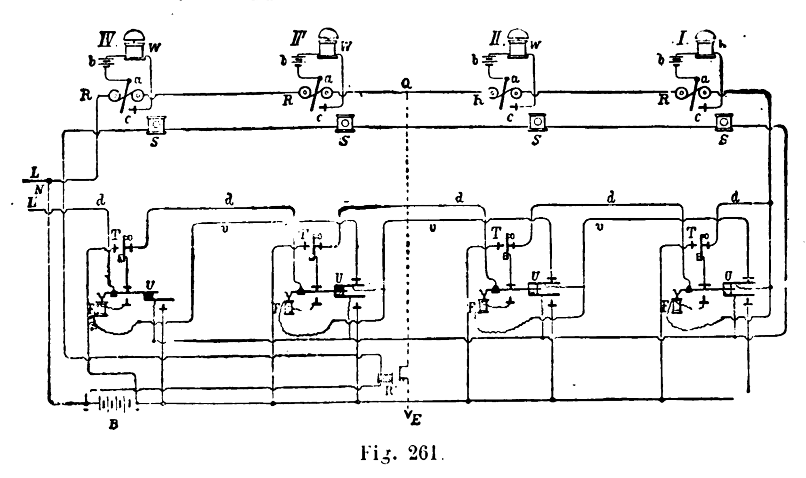


Fig. 261.

circuit suivant : quand le bouton 1 est abaissé, un courant négatif est lancé sur L′ et traverse d'abord, le long du fil *d*, tous les commutateurs automatiques U et les boutons d'appel T des quatre postes d'abonnés, passe par les relais R des deux postes I et II, puis, passant par Q et le relais R′, il trouve la terre. Des deux relais R aux postes I et II, celui de la station I répond à des courants négatifs et l'autre à des courants positifs ; au poste I, le circuit de la pile locale *b* est donc fermé et le poste est appelé. Lorsque l'employé du Bureau central appuie sur le bouton 2, le courant suit exactement le même chemin, mais il est positif et actionne par conséquent le relais du poste II et non l'autre. Lorsque l'employé appuie sur les boutons 3 et 4 au Bureau central, des courants négatifs ou positifs sont lancés sur la ligne L, passent par les relais des postes des abonnés III et IV et retournent par Q à la


Digitized by Google

terre. Le courant négatif actionne le relais du poste III, le courant positif celui du poste IV.

Lorsque l'un de ces abonnés, III par exemple, est appelé, il décroche son téléphone et change ainsi complètement les connexions. Il s'établit d'abord un contact entre le pôle positif de la pile B et la lame inférieure du commutateur automatique, et par ce contact, un courant émanant de la pile traverse les quatre annonciateurs S. Par ce courant un double but est atteint. D'un côté, l'armature R′ est attirée et la communication du système avec la terre est interrompue ; de l'autre côté, tous les annonciateurs qui d'abord montraient un disque portant l'inscription « *libre* » montrent maintenant un disque avec l'inscription « *occupé* ». Le lacet est complet, sans terre d'aucun des deux côtés. Le courant arrivant du Bureau central par L, passe par les quatre relais, les commutateurs automatiques U, le fil *v* des postes I et II, le téléphone F du poste III, le fil *d* entre III et IV, le bouton T et le commutateur U du poste IV et retourne par L′ au Bureau central. Il est impossible de surprendre la conversation, car si un autre abonné, II par exemple, devait décrocher son téléphone, le circuit serait interrompu entre T et U du poste III. La conversation finie et le téléphone suspendu de nouveau, tout retourne à l'état de repos. Les annonciateurs montrent de nouveau l'indication « *libre* » et Q est de nouveau mis en communication avec la terre.

Lorsque l'un des abonnés appuie sur son bouton d'appel T, le courant positif de la pile B passe à travers les fils *d* et les boutons T et les commutateurs U dans L′ et retourne directement par S au pôle négatif de B.

Les relais R et les annonciateurs S sont polarisés, mais ils n'ont pas d'électro-aimant proprement dit : celui-ci est remplacé par une hélice très aplatie se mouvant entre les pôles d'un aimant très énergique. D'après la direction du courant, l'hélice est attirée vers l'un ou l'autre pôle, et ferme le circuit de la pile *b* ou change le disque de l'annonciateur S. Cette hélice sans noyau de fer présente de grands avantages sur un électro-aimant polarisé, car on n'a pas à redouter l'inversion de la polarité provenant soit de courants trop énergiques, soit de décharges atmosphériques.

La manipulation du système Ader est des plus simples : chaque

Digitized by Google

abonné fait son appel comme s'il était seul intercalé sur le lacet; au Bureau central également, aucune complication ne se présente et le secret de la conversation est assuré. D'autre part, il y a quelques inconvénients à mentionner : les autres abonnés de la même ligne ne peuvent pas communiquer entre eux, lorsqu'un abonné communique avec le Bureau central ou avec un autre abonné au delà; de plus, ils peuvent troubler la conversation en appuyant sur leurs boutons ou en décrochant leur téléphone. Enfin, la communication entre les quatre abonnés demande de six à huit fils; aussi l'application de ce système, pour raison d'économie, est-elle restreinte au cas où les quatre abonnés habitent dans le même bâtiment.

M. Elsæsser a réussi à éliminer le second inconvénient, mais en sacrifiant la simplicité des connexions, et comme ce second inconvénient a peu d'importance pratique, il semble douteux que ces modifications parviennent à supplanter la disposition primitive d'Ader.

(*b*). — SYSTÈME DE GRASSI ET BEUX[1]

215. — Ce système est d'une grande utilité pour installations dans les usines où les différents bureaux et ateliers sont quelquefois à une distance considérable les uns des autres et où on peut réaliser une économie importante en employant un seul fil.

Le trait caractéristique de ce système consiste dans la forme ep relais polarisés dont on se sert : celle-ci était à voir à l'Exposition de Vienne en 1883, et est représentée par les figures 262 et 263.

Une partie de la pile d'appel est employée, comme à l'ordinaire, pour faire marcher la sonnerie à la station d'appel. Le reste de la pile est alors disponible pour être employé sur un second circuit local, et c'est là ce qui donne au relais son caractère spécial. Ce second circuit local sert à aimanter un morceau de fer doux qui remplace l'aimant permanent qu'on rencontre dans presque tous les relais polarisés. Cette aimantation a lieu par la bobine *c* (fig. 263) et ne se produit que lors d'un appel. A′ est le morceau de fer doux

[1] *La Lumière Electrique*, n° 12, 1885.

Digitized by Google

qui tombe à droite ou à gauche, suivant le sens du courant de ligne qui traverse l'électro AB.

Il en résulte cet avantage que, quelle que soit l'intensité du courant lancé dans l'électro-aimant AB, on ne risque jamais de faire changer la polarité du petit aimant inverseur ; et l'on sait que cet accident se produit souvent sur les lignes un peu longues, pendant les orages et malgré les meilleurs paratonnerres.

Un autre avantage qu'il présente (mais qui lui est commun avec les indicateurs ordinaires), c'est qu'une fois le signal reçu, la

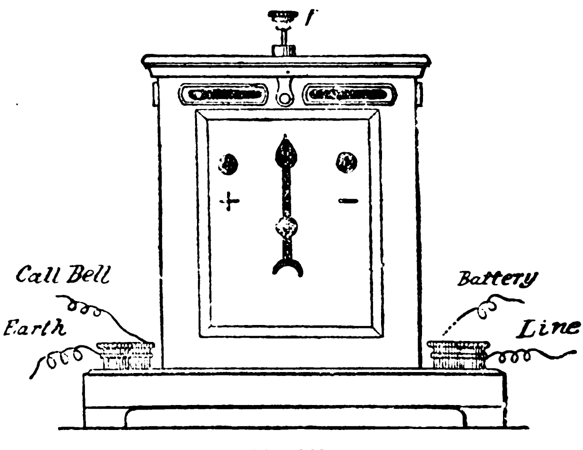


Fig. 262.

sonnette résonne sans interruption, jusqu'à ce que quelqu'un vienne à l'appareil.

Le principe du système est indiqué dans le schéma de la figure 264. Au poste B, on établit une dérivation à la terre. Le relais est disposé de façon à couper cette dérivation à l'état de repos, et à ne la rétablir que sous l'influence des courants des sens des flèches inférieures. Dans ce cas, on voit qu'un courant dans le sens des flèches inférieures circulera dans la dérivation, dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il aura été émis par A ou par C. En plaçant un deuxième relais polarisé sur cette dérivation, on pourra donc savoir quel est le poste qui a appelé.

On obtient donc trois effets différents au poste B. Les courants dans le sens des flèches inférieures servent aux appels de A et C en B. Les courants de sens contraire servent aux appels entre les

Digitized by Google

postes extrêmes et traversent les postes B pour faire marcher la sonnerie.

La figure 265 indique le montage des trois postes : P sont les

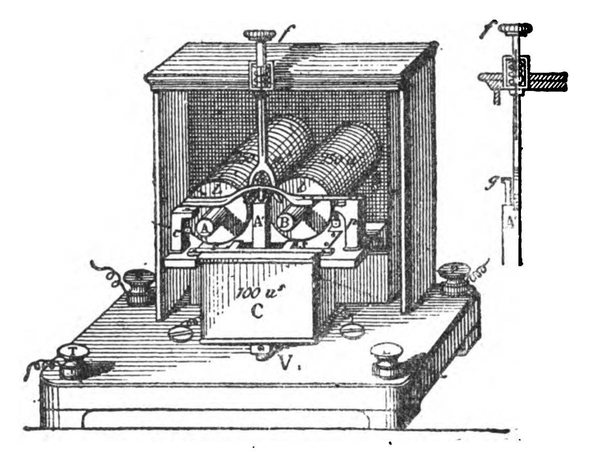


Fig. 263.

boutons d'appel, I les inverseurs, M les téléphones et C les commutateurs.

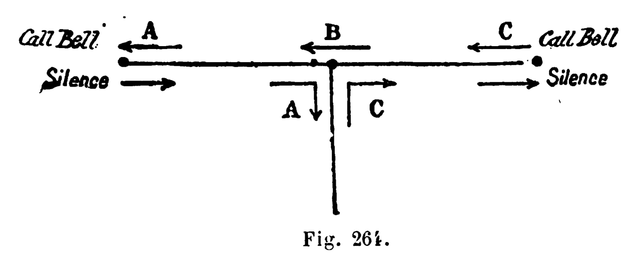


Fig. 264.

Au poste B, les communications sont à trois directions ; voici pourquoi :

Le poste A doit rester silencieux sous l'influence des courants du sens des flèches inférieures, qui émanent de C quand ce poste appelle le poste B. Pour appeler A, on se servira donc de courants du sens des flèches supérieures. Mais alors le poste A ne peut plus distinguer qui l'a appelé. A doit donc toujours répondre à un appel en appuyant simplement sur le bouton P. Si c'est C qui appelle, la réponse y parviendra directement, car la pile est disposée de façon à donner, par exemple, des courants du sens des flèches supérieures. Si c'est B qui appelle, la réponse y parviendra aussi,

Digitized by Google

bien que A presse sur le bouton P, parce qu'au poste B on aura soin, dès que l'appel aura été lancé, d'abaisser le bouton de milieu du commutateur à trois directions. On place ainsi la sonnerie di-

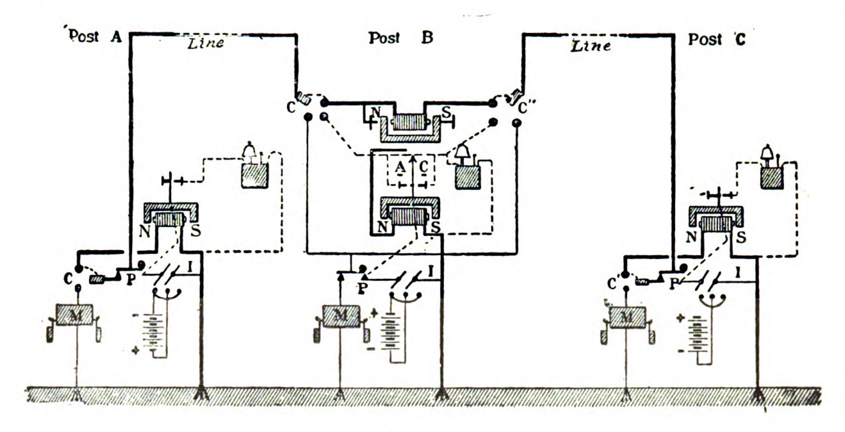


Fig. 265.

rectement sur la ligne sans faire traverser au courant les deux relais. Une fois la réponse reçue, on abaisse au poste B le troisième bouton du commutateur, le même dont on s'était servi d'abord pour lancer l'appel.

On opère de même pour les communications avec le poste C.

Digitized by Google

CHAPITRE XXVI

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT (II)

216. — La seconde catégorie comprend tous les systèmes qui se servent de tableaux commutateurs automatiques, comme ceux de Bartelous, de Sinclair, Ericcson et Cedergren, Œsterreich, Connolly et Mac-Tighe, Leduc, etc.

Le partie essentielle de cette classe d'appareils est un tableau commutateur automatique, placé à l'endroit où les fils des abonnés viennent se greffer sur le fil de ligne simple. Nous nous bornerons à décrire les systèmes qui sont actuellement entrés dans la pratique.

(*a*) TABLEAU COMMUTATEUR AUTOMATIQUE DE BARTELOUS

217. — Cet appareil, inventé par M. Bartelous, de Bruxelles, a été adapté aussi bien au circuit à double fil qu'au circuit à fil unique.

PREMIER SYSTÈME

Le système, qui fait usage d'un fil double, est représenté par les figures 266, 267 et 268. La figure 266 montre la station automatique, la figure 267 le Bureau central et la figure 268 le poste de l'abonné.

Le tableau automatique se compose de deux disques circulaires AA′, sur le pourtour desquels sont disposés des contacts métalliques 1, 2, 3... 1′, 2′, 3′... De ces contacts 1, 1′; 2, 2′ ; 3, 3′... par-

Digitized by Google

tent les doubles lignes qui relient les postes des différents abonnés n° 1, n° 2, n° 3 ; sur chaque fil de ligne est en outre établie une dérivation *cr*, *ds*, *et*, chacune desquelles mène à une lame métallique flexible *r*, *s*, *t* ; l'ensemble de ces lames est disposé en forme de peigne sur une pièce transversale isolante G.

Perpendiculairement au centre des disques parallèles AA′ sont disposés deux axes XX, YY, dont le dernier porte une aiguille C ; on peut donner à ces axes, par impulsions successives, un mou-

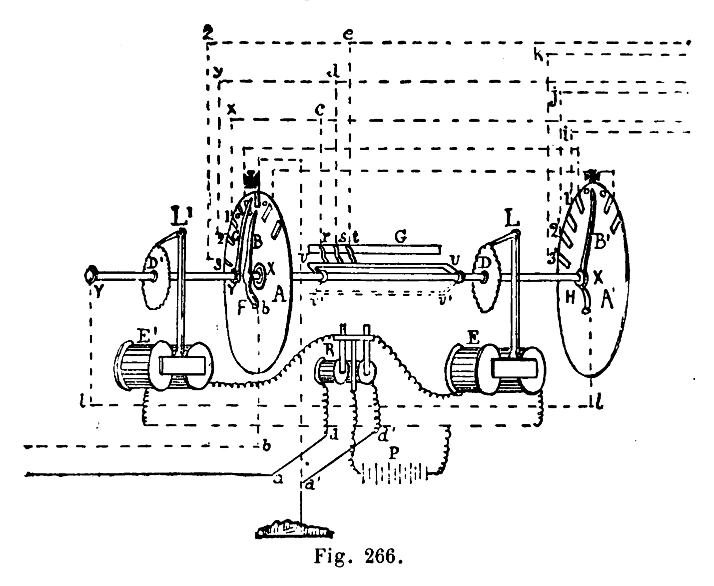


Fig. 266.

vement de rotation, au moyen de procédés que nous expliquerons tout à l'heure. Lorsqu'un tel mouvement est donné à l'axe YY, l'aiguille C est successivement amenée en contact avec les points 1, 2, 3. L'axe XX porte deux aiguilles, BB′; l'extrémité qui porte l'aiguille B traverse le disque A, de manière que cette aiguille tourne également en avant de ce disque dans un plan qui en est plus rapproché que l'aiguille C : elle rencontrera donc également les contacts 1, 2, 3... L'aiguille B′, placée à l'autre extrémité de l'axe XX tourne en avant du disque A′ et rencontre là les contacts 1′, 2′, 3′... Cet axe porte une tige *vv*, qui lui est parallèle et qui est munie d'une série de pointes ou saillies : celles-ci, lorsque l'appareil est au repos, s'appuient sur les lames *r*, *s*, *t*, montées sur la pièce transversale G.

Digitized by Google

Mécaniquement l'aiguille C participe au mouvement de l'axe YY, tandis que les aiguilles B et B′ et la tige *vv* se meuvent conjointement avec l'axe XX. Electriquement, l'aiguille B est en communication avec l'axe XX, l'aiguille C avec l'axe YY; mais l'aiguille B′ est isolée de l'axe qui la porte et est en communication, au moyen d'un contact à friction, H, et un conducteur *ll*, avec l'axe YY. Les deux axes sont mis en rotation par le courant d'une pile P′ (fig. 267), envoyé du Bureau central, courant dont on peut changer le sens. Ce courant est transmis au tableau commutateur automatique (fig. 266) par le fil *a*. Lorsque, par exemple, un courant direct ou positif est lancé, il agit sur un relais polarisé R (fig. 266), de manière à fermer le circuit d'une pile locale P par l'intermédiaire de l'électro-aimant E. Lorsqu'un courant passe par cet électro-aimant il attire son armature, sur laquelle est monté un levier L qui transmet l'action à une roue à rochet D fixée sur l'axe XX, et ce dernier prend part au mouvement de la roue. Si le courant est de sens contraire ou négatif, il agit sur le même relais R de manière à fermer le circuit de la même pile locale P au moyen d'un électro-aimant E′ dont l'action est transmise par le levier L′ à l'axe YY.

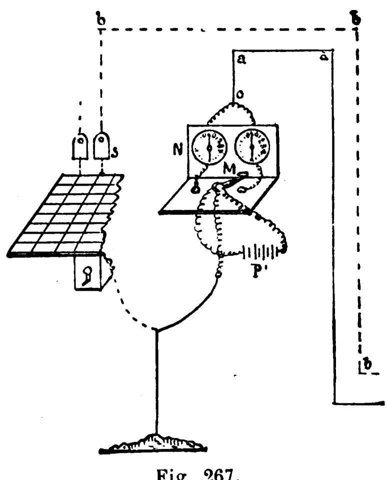


Fig. 267.

Ces courants sont envoyés ou bien au moyen d'une clef Morse M, en relation avec un commutateur (fig. 267) et un indicateur, donnant les positions relatives des aiguilles BB′ et C à la station automatique éloignée, ou bien au moyen d'un manipulateur automatique (représenté par la figure 269) muni d'une clef Morse M et d'un mouvement d'horlogerie, qui fait tourner une aiguille rigide. Cette dernière peut, au moyen d'une cheville, être arrêtée dans n'importe quelle position sur un cercle gradué dont les divisions correspondent à celles des disques AA′. Lorsque la cheville est retirée, puis réintroduite dans une position quelconque et que la

Digitized by Google

clef M est abaissée, le mouvement d'horlogerie transmet des courants de la pile P en nombre égal à celui des divisions du cadran que l'aiguille a parcourues ; et ces courants, comme nous l'avons déjà dit, produisent un déplacement semblable des aiguilles du tableau automatique à distance.

218. — Dans la disposition, représentée par les figures 266, 267, et 268, les postes des abonnés, qui peuvent être organisés d'après un système quelconque, même avec des appels magnétiques, ne

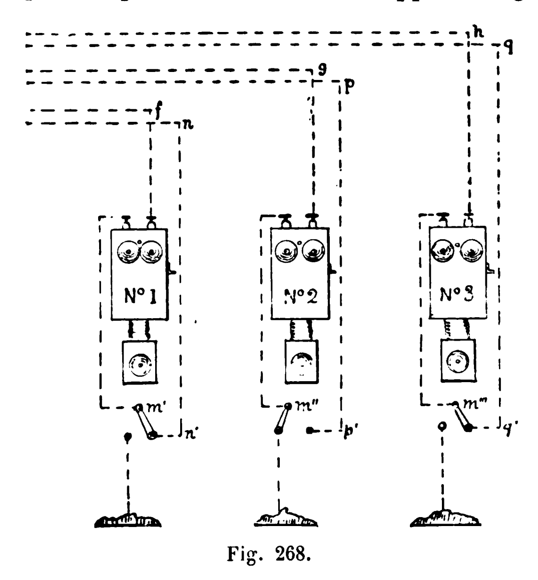


Fig. 268.

sont soumis à aucune modification. Seulement à chacun d'eux on ajoute un petit commutateur à deux directions *m*, *m' m''*, dont on comprendra facilement la fonction en examinant la figure 268. Aux postes n° 1 et n° 3, les commutateurs *m'* et *m'''* ferment le circuit au moyen du fil de retour, sans communication à la terre, tandis qu'au n° 2 le circuit se termine à la terre.

Avant de décrire la manipulation de l'appareil, je devrais mentionner qu'outre les contacts 1, 2, 3..., le disque A porte trois autres contacts, indiqués respectivement +, *o* et *o*. Le premier, sur lequel l'aiguille C s'arrête, lorsqu'elle est au repos, est relié à la terre et n'a que la moitié de la longueur des contacts 1, 2, 3..., de sorte qu'il ne rencontre pas l'aiguille B. Les deux autres contacts

Digitized by Google

indiqués *oo*, également de demi-longueur, sont disposés de chaque côté du premier, mais sont arrangés de manière qu'ils puissent rencontrer seulement B et non C. Ces deux contacts *oo* sont chacun en relation avec un contact semblable sur le disque A′ ; il n'y a pas toutefois de contact correspondant à + sur le dernier.

Supposons maintenant qu'un abonné (n° 2 par exemple) désire appeler le Bureau central. Il tourne la manette de son commutateur *m″* à gauche (comme l'indique la figure) et envoie le courant d'appel. Ce dernier, partant de la terre, traverse le générateur, suit le fil de ligne par *g* jusqu'en *d* (fig. 266) et, trouvant le contact 2 ouvert, passe par la lame *s* et le point correspondant de la tige *vv* et arrive à l'axe XX. Ce dernier au moyen d'un contact à friction F, est en relation avec le fil *bbb*, qui est relié à une sonnerie d'appel au Bureau central et va de là à la terre. Lorsque l'appel a été ainsi reçu au Bureau central, l'employé s'informe du nom ou du numéro de l'abonné appelant ; ensuite, par les moyens indiqués plus haut, il amène l'aiguille B sur le contact 2 du disque A. En même temps, l'aiguille B′ sur le disque A′ se sera mise sur 2′, et les pointes de la tige *vv* auront quitté le contact des lames flexibles *r*, *s*, *t*. A partir de ce moment, la communication entre le Bureau central et l'abonné n° 2 sera établie exclusivement en faveur de ce dernier. Elle aura été établie en partant du tableau commutateur, au moyen du fil *bbb*, le contact de friction F, l'aiguille B, le fil 2 *ydg* et se terminera à la terre, à travers le commutateur *m′*, après avoir traversé l'instrument au poste n° 2 (fig. 266 à 268).

Supposons maintenant que l'abonné n° 2 désire correspondre avec l'abonné n° 3, qui est relié au même tableau commutateur automatique. En décrivant les manipulations dans ce cas, nous montrerons en même temps la manière dont le Bureau central peut appeler n'importe quel abonné et aussi celle dont on établit les doubles communications pour un seul et même groupe d'abonnés.

Nous prenons l'opération au moment où l'employé du Bureau central, après avoir reçu l'appel du n° 2, s'est informé du numéro de cet abonné et de celui du correspondant demandé. Il se mettra maintenant en devoir d'appeler ce dernier. Il le fait par les moyens décrits plus haut ; tournant les aiguilles B et B′, il les place sur les contacts 3 et 3′ des disques A et A′ et envoie un courant d'appel sur

Digitized by Google

bbb. Ce courant passe par cette ligne, le ressort F, l'aiguille B, la ligne 3 *z e h*, à l'abonné n° 3, et de là par le commutateur m''' et le fil de retour, *q k* 3', pour revenir au Bureau central (fig. 266 à 268). Du point 3', à laquelle l'aiguille B' a été amenée, le courant suit l'aiguille, le ressort H, le conducteur *ll*, l'axe YY et l'aiguille C arrêtée sur le contact +. Ce dernier contact étant en relation avec la terre, le circuit est ainsi complété et le courant d'appel lancé dans la ligne *bbb* actionne la sonnerie du n° 3.

Lorsque l'abonné n° 3 a répondu à l'appel, on change, au Bureau central, le sens du courant de la pile P', qui peut maintenant être employé pour actionner l'aiguille C. Cette dernière est ainsi amenée sur le contact 2 du disque A, et le circuit, au lieu de se terminer à la terre à travers l'aiguille et le contact + est maintenant porté au delà de cette aiguille à travers le fil 2 *y d g* et va à la terre par le commutateur m', après avoir passé par l'instrument de l'abonné n° 2.

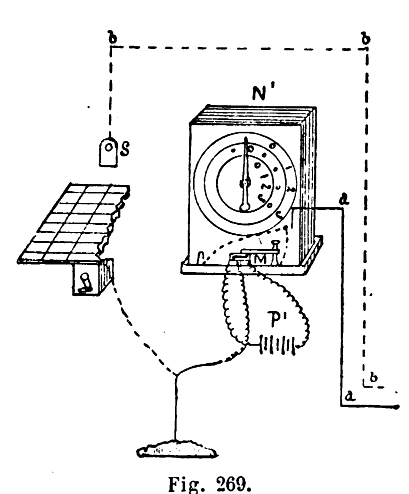


Fig. 269.

Une fois le signal de fin de conversation reçu, le Bureau central ramène les différentes parties de l'appareil à leur position de repos.

Il ne reste plus à expliquer maintenant que l'usage des contacts *oo* et *o'o'* sur les disques A et A'. Leur objet est de contrôler à distance la position de BB' et de C. En examinant les schémas, on voit que les différentes aiguilles qui se meuvent au-dessus de ces contacts produisent des fermetures et des ouvertures de circuit dans la ligne *bbb*; en plaçant donc une pile et un galvanomètre sur la ligne *bbb*, on peut vérifier ces différents changements et contrôler à distance la position des aiguilles.

Digitized by Google

SECOND SYSTÈME

219. — Ce système ne demande qu'un seul fil et est représenté figures 269, 270 et 271.

L'appareil (fig. 270) renferme toujours les deux axes, YY portant l'aiguille C, et l'axe XX portant seulement une seule aiguille et la tige *vv*. Les deux axes sont tous les deux reliés à la ligne *bbb*

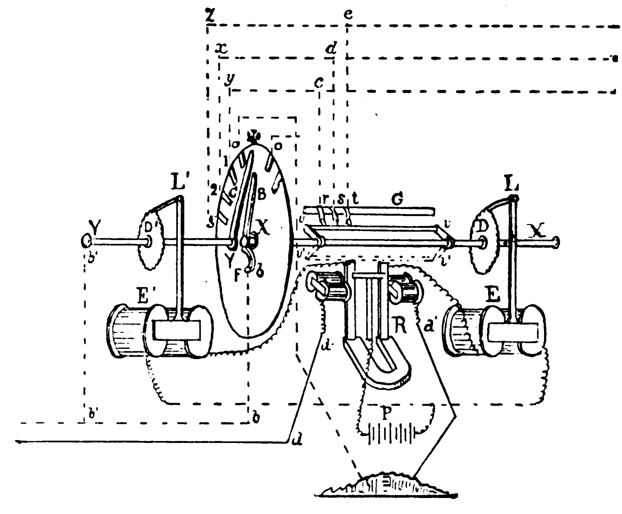


Fig. 270.

par F *bb* et Y*b'b'*. Il n'y a également qu'un seul disque A, portant les contacts 1, 2, 3... auxquels sont reliées les lignes des abonnés et sur lesquels peuvent se placer les aiguilles B et C. Il y a aussi trois divisions supplémentaires, +, *oo*, mais il n'y a pas de contact au point +, et les contacts *oo* sont en communication directe avec la terre. Les dérivations placées sur les lignes des abonnés aboutissent aux lames *r*, *s*, *t* de la pièce transversale G. Comme dans le premier système, nous avons ici également un relais R et les électro-aimants EE' avec leurs leviers LL'.

La disposition générale peut être représentée maintenant par le schéma, figure 272.

On voit que, lorsque l'appareil est au repos, toutes les lignes des abonnés, sans exception, s'embranchent sur la ligne *bbb*, par suite

Digitized by Google

de leur connexion avec la ligne *vv* et l'axe XX. Aucun de ces postes ne pourrait donc envoyer un courant d'appel au Bureau central, parce qu'en pratique la ligne *bbb*, qui relie ce dernier au tableau commutateur automatique A, est plus longue et présente par conséquent une résistance beaucoup plus considérable que la résistance combinée des lignes A1, A2, A3, etc.

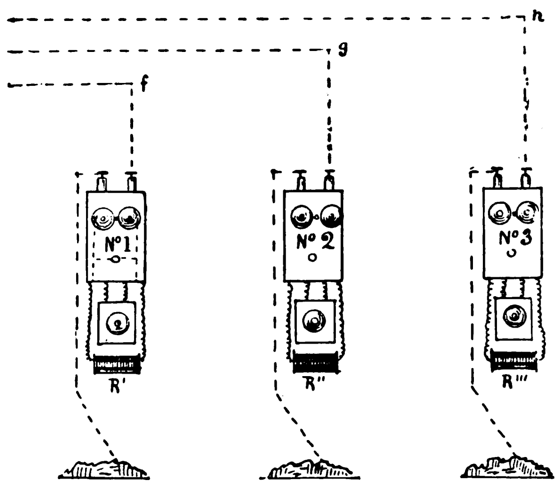


Fig. 271.

Il fallait donc avoir recours à un nouveau principe pour ce système à fil unique, et il consiste dans l'addition de résistances supplémentaires, R′, R″, R‴... sur les lignes des abonnés. Ces résistances sont réglées de façon qu'un courant envoyé de l'un des postes, n° 3 par exemple, et parvenant par la ligne 3 A, au point de jonction commune, rencontre là dans les lignes auxiliaires, A1, A2, A3, une résistance assez élevée pour permettre à une petite partie du courant seulement de passer dans chacune des lignes. D'autre part, la ligne *bbb*, qui a maintenant une résistance relativement beaucoup moins élevée, laissera passer au Bureau central une quantité suffisante de courant pour y faire marcher la sonnerie d'appel. Dans les lignes auxiliaires cependant, les courants ne seront pas suffisamment puissants pour agir sur les appels aux autres postes.

Afin d'obtenir de bons résultats pratiques, on relie les résistances de manière à pouvoir les mettre en court-circuit, en appuyant sim-

Digitized by Google

plement sur un bouton, pendant que l'abonné envoie son courant d'appel, et, d'autre part, à les mettre hors circuit en décrochant le téléphone pour commencer la conversation.

Une simple inspection de la figure suffira maintenant pour faire comprendre facilement le fonctionnement du système.

L'abonné n° 2, par exemple, veut appeler. Il appuie sur le bouton et, ce faisant, met sa résistance en court circuit. Le courant passe par *g*, *d*, *s*, la tige *vv*, l'axe XX, le ressort F, la ligne *bbb*, la sonnerie d'appel S, et se rend à la communication à la terre sur

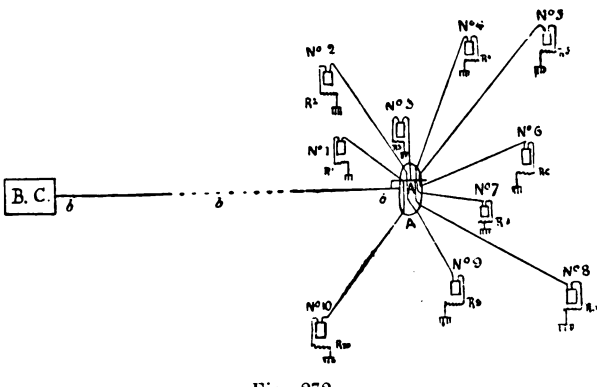


Fig. 272.

le tableau commutateur du Bureau central. L'employé amène l'aiguille B sur le contact 2, la tige *v v* abandonne le contact des lames *r*, *s*, *t*, et le circuit s'établit par *b b b*, FB et la ligne 2 *xdg*.

Si l'abonné n° 2 a besoin du n° 3, l'employé du Bureau central appelle ce dernier en amenant l'aiguille B sur le contact 3 et en envoyant le courant d'appel par *b′bb*, FB et la ligne 3 *z e h* au poste n° 3. Dans cette position, la communication des autres lignes est coupée, et le courant d'appel, passant exclusivement à la ligne 3, est assez puissant pour surmonter la résistance R'''. Cette manière d'appeler un abonné est employée dans tous les cas. Pour compléter la liaison avec n° 2, on change, comme dans le premier cas, le sens du courant au Bureau central, de manière à le faire agir sur l'axe YY et d'amener l'aiguille C sur le contact 2. Les abonnés n°s 2 et 3 pourront maintenant correspondre, puisqu'ils ont mis en court circuit leurs résistances respectives en décrochant leurs télé-

Digitized by Google

phones, et quand ils auront fini leur conversation, ils pourront donner au Bureau central leur signal de fin.

Les contacts *oo* servent, comme dans le premier système, à contrôler à distance la position des aiguilles au moyen d'un galvanomètre.

Il faut remarquer que les changements produits dans les phénomènes consistent non seulement en fermetures et ouvertures du circuit, mais aussi en variations très considérables de la résistance de ce dernier. Ainsi la position de repos donne lieu à une déviation très forte du galvanomètre parce qu'elle revient en réalité à intercepter le courant à travers toutes les lignes dérivées.

220. — On remarquera aussi que dans les deux systèmes, il est impossible aux abonnés d'un groupe d'appeler le Bureau central, dès que l'un des postes est en communication.

Dans le premier système, l'abonné qui reconnaît cet état de choses par le fait que sa sonnerie d'appel ne fonctionne pas en réponse à son appel, peut se mettre pour ainsi dire en expectative en tournant la manette de son commutateur vers la gauche. Si alors l'employé du Bureau central, après avoir rétabli tous les appareils dans leur position de repos, envoie un courant sur la ligne, ce courant, en actionnant la sonnerie d'appel de l'abonné qui attend, l'informe que la ligne est libre.

Dans le second système, on peut obtenir le même résultat, en ajoutant à chaque poste un disque d'annonciateur, qui, au moment du signal, met la résistance supplémentaire en court circuit. Dans ce cas encore, un courant envoyé du Bureau central, après que l'appareil a été remis au repos, fera tomber la plaque de l'annonciateur.

Enfin nous pouvons ajouter que M. Bartelous s'occupe maintenant de mettre la dernière main à un système encore plus complet que les précédents. Il comprend trois ou quatre fils entre le Bureau central et le tableau commutateur automatique. De ces quatre fils, l'un est la ligne téléphonique, le second est une ligne d'appel, à laquelle tous les postes des abonnés sont reliés à l'état de repos. Quant aux communications, elles s'établissent au moyen du troisième fil ou au moyen du troisième et du quatrième fil.

Digitized by Google

Dans le dernier cas, on peut établir simultanément deux communications distinctes. Les détails et les dessins de ce système n'ont pas encore été publiés.

Le tableau commutateur automatique de M. Bartelous a été adopté par la Compagnie des Téléphones de Belgique. A Bruxelles, la longueur des lignes de liaison avec le Bureau central est de 7 kilomètres avec une résistance de 350 ohms. Dix-neuf abonnés sont groupés ensemble et la résistance supplémentaire monte à 2000 ohms; avec des distances plus courtes et une résistance moins élevée, on pourrait en grouper ensemble jusqu'à 25.

On peut l'appliquer spécialement dans les quartiers retirés où le nombre des abonnés n'est pas assez grand pour faire les frais d'un Bureau central ordinaire; on peut aussi s'en servir avantageusement pour le service de dimanche et de nuit dans les bureaux secondaires plus considérables.

(b). — TABLEAU COMMUTATEUR AUTOMATIQUE DE SINCLAIR[1]

Cet instrument, imaginé par M. D. Sinclair, de la Compagnie Nationale du Téléphone, à Glasgow, remplit les mêmes fonctions, à savoir : celle de relier un abonné quelconque du bureau secondaire où il est employé, à tout autre abonné dépendant de ce même bureau, ou à tout autre abonné dans tout le réseau.

D'un Bureau central, on envoie des courants électriques intermittents à l'instrument automatique qui se trouve au bureau secondaire, chaque impulsion passe par les bobines d'un électro-aimant ou relais, qui agit sur l'échappement d'un engrenage, et fait ainsi tourner d'une manière intermittente un axe muni d'un taquet. Dans un instrument destiné au fonctionnement de six lignes d'abonnés, comme celui que représente la figure, l'aiguille s'arrête sept fois par tour; il faut donc sept impulsions du Bureau central pour faire faire un tour à l'aiguille. A chacun des sept points où un arrêt se produit, est adapté un ressort avec une borne qui est en relation avec une ligne d'abonné, et l'aiguille de l'axe fait

[1] *Engineering*, 18 février, 1887.

Digitized by Google

contact avec la borne vis-à-vis de laquelle elle s'arrête, à mesure que les impulsions envoyées du Bureau central la font tourner.

Les figures 273 et 274 représentent l'appareil en perspective et en coupe.

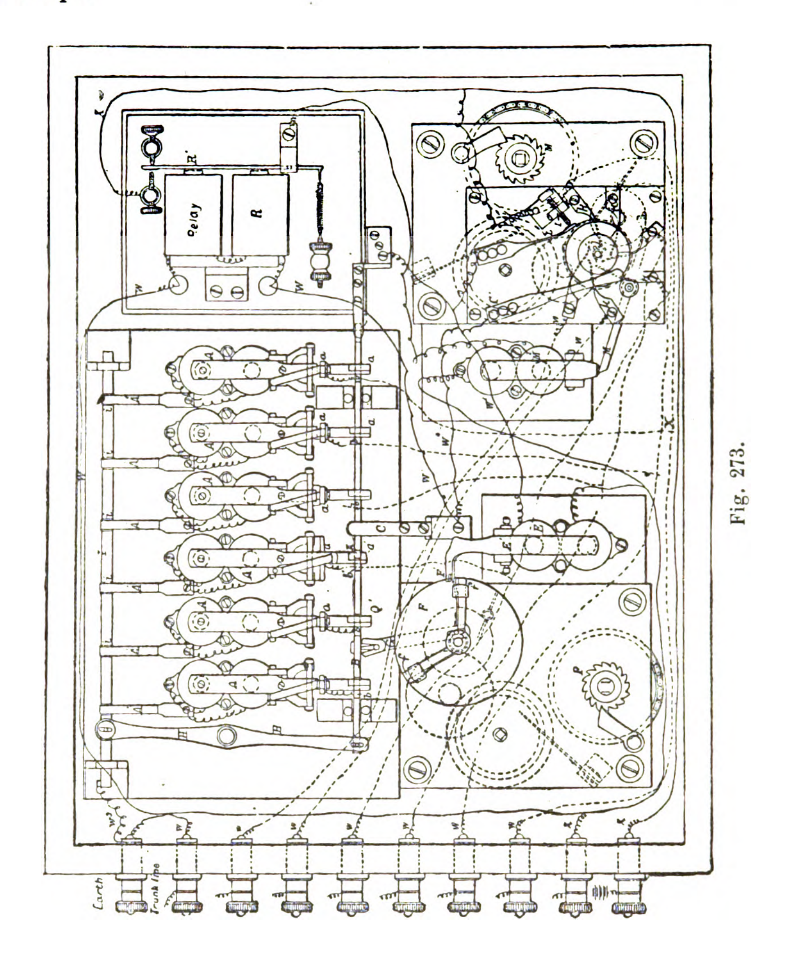


Fig. 273.

Les fils venant de chaque instrument d'abonné, aboutissent à des indicateurs séparés AA, qui sont disposés en une rangée en face d'une tige à entailles B, animée d'un mouvement de va-et-vient. Les disques *aa* des indicateurs sont munis de doigts *a'a'* qui dans la position normale ou de repos de la tige B sont couchés dans les entailles inclinées *b'b'* de la tige. Lorsqu'un abonné appelle le Bureau central, le doigt *a'* de l'indicateur correspondant *a*

Digitized by Google

tombe dans l'entaille *b* et fait contact avec la tige B, qui est en communication électrique avec le Bureau central. C'est de cette manière que l'employé du Bureau central est averti. La communication entre le Bureau central et la tige B s'établit par la ligne principale W, les bobines de l'électro-aimant d'un relais R, le fil W′W′ et la borne et le ressort C, reposant sur la tige B. En même temps, le courant passe à travers la tige B, au moyen d'un ressort D et le fil W^1 aux bobines d'un électro-aimant E (semblable à celui des indicateurs des abonnés). L'armature E′ de cet électro-aimant est munie d'un échappement F′, disposé de façon à déclancher le mouvement d'horlogerie F, qui agit par l'intermédiaire d'un levier G sur la tige B et la fait avancer suffisamment dans un sens pour que le doigt *a′* de l'indicateur glisse dans l'entaille inclinée de manière à rester en contact électrique avec la tige; les autres entailles au contraire ne sont plus maintenant directement sous les doigts des indicateurs des autres abonnés, mais reposent sur de petits morceaux d'ébonite, de façon que ces abonnés, pour le moment, ne peuvent pas appeler le Bureau central ni s'appeler entre eux.

La tige B est aussi rattachée au moyen du levier H à une tige *ii*, placée du côté opposé des indicateurs, et qui, étant en communication avec la terre par le fil W^3 sert de fil de terre pour les lignes des abonnés à travers les indicateurs. Par suite du mouvement de la tige B, traversant cette tige *ii* dans une certaine mesure, un petit morceau d'ébonite vient s'interposer sous les ressorts de contact A^1 de chacun des indicateurs ; la communication à la terre étant alors rompue, les abonnés ne peuvent plus faire marcher leurs sonneries d'appel, et savent que le fil principal est occupé. La communication entre le Bureau central et chaque abonné du bureau secondaire s'établit à l'aide d'une aiguille *j* montée sur un axe I et qui vient en contact avec un des ressorts *kk* auxquels les abonnés sont reliés. On tourne l'axe I de façon à amener l'aiguille *j* en contact avec le ressort *k* ; celui-ci est en relation avec le poste de l'abonné par l'intermédiaire d'un mouvement d'horlogerie M et d'un échappement M^1, actionné directement par un électro-aimant M^2, qui lui même est excité par le relais R, lorsqu'on lance un courant sur la ligne principale. L'aiguille *j* est aussi employée pour établir un contact momentané

Digitized by Google

entre un ressort L et une cheville L′, fermant ainsi le circuit X d'une pile locale et de l'électro-aimant E. Celui-ci agit sur l'échappement F′ et contrôle l'action du mouvement d'horlogerie F, employé pour actionner la tige B, comme nous l'avons dit plus haut. Quand l'électro-aimant est ainsi momentanément excité, l'échappement F′ est attiré et déclanche le mouvement d'horlogerie F; il met donc de nouveau en mouvement la tige B, mais cette fois-ci dans un sens opposé ; le doigt de l'indicateur de l'abonné est ainsi soulevé hors de l'entaille inclinée et toutes les entailles sont de nouveau amenées immédiatement sous les doigts des indicateurs. Ce mouvement de la tige B est accompagné d'un mouvement correspondant de la tige *ii*, mouvement qui met chaque ligne d'abonné en communication avec le fil de terre, de manière que chaque abonné peut sonner et le même cercle d'opérations se répéter.

Voici la manière dont s'effectue le mouvement de retour de la tige B, de la position qu'elle prend après l'appel envoyé par un abonné au Bureau central. L'employé du Bureau central lance autant de courants qu'il faut pour amener l'aiguille à la position dans laquelle elle fait contact entre le ressort L et la cheville L′, ce qui ferme le circuit de la pile locale X à travers les bobines de l'électro-aimant E et actionne ainsi l'échappement qui déclanche le mouvement d'horlogerie.

Pour établir les communications entre les employés du Bureau central et les abonnés, on fait les opérations suivantes : L'employé du Bureau central envoie un courant de pile à travers le fil principal W, les bobines de l'électro-aimant ou relais R, à la tige B, à travers l'électro-aimant E et de là à la terre. Ce courant attire l'armature R′ du relais, et ferme ensuite le circuit X de la pile locale, et fait faire, au moyen du mouvement d'horlogerie M, un premier pas à l'aiguille, de zéro au premier ressort *k*, relié au fil d'abonné W. En même temps, en agissant sur l'armature de l'électro-aimant E, le mouvement d'horlogerie fait avancer la tige B, ce qui interrompt la communication des abonnés avec la terre, et aussi celle de l'électro-aimant agissant sur le mouvement d'horlogerie. Le courant suivant envoyé par l'employé du Bureau central, passe par le relais R et ferme le circuit local comme auparavant, il actionne en même temps l'axe et trouve la terre par le

Digitized by Google

ressort de l'abonné *k* et le fil W avec lequel l'aiguille est en contact. Chaque courant successif agit de la même manière jusqu'à ce que l'aiguille repose sur le ressort de l'abonné demandé. L'employé du Bureau central est alors en communication directe avec l'abonné. Quand la conversation est finie, l'employé envoie de nouveau des courants jusqu'à ce que l'aiguille arrive à zéro.

En faisant sa dernière étape à zéro, l'aiguille appuie sur le res-

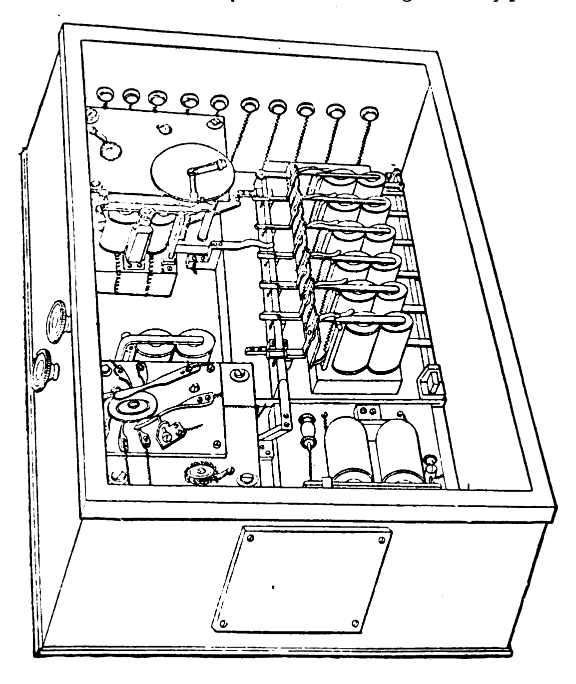


Fig. 274.

sort pour faire contact et ferme le circuit local de la pile à travers l'électro-aimant qui agit sur le mouvement d'horlogerie F, et ramène ainsi la tige B dans sa position normale. Les abonnés seront alors en relation avec la terre, et la ligne principale du Bureau central trouvera la terre par le relais R, la tige B, le ressort D, et l'électro-aimant E.

Le fil W^4, du ressort C au ressort C′, nessaire pour établir la communication avec le ressort D, n'est pas en communication avec la tige BB ; la liaison donnée par le fil W^4 dépend de la position occupée par l'aiguille *j*. Nous ferons observer que lorsque l'ai-

Digitized by Google

guille est amenée à établir la communication entre le Bureau central et l'abonné demandé, le courant d'un appel magnétique est employé pour appeler l'abonné, et ce courant intermittent n'actionne pas le relais.

L'appareil de Sinclair a plusieurs points en commun avec celui de Connolly et Mac-Tighe ; dans ce dernier, au lieu de la tige B, on emploie une roue à rochet. Un échappement électro-magnétique et un mouvement d'horlogerie et des relais font également partie de l'instrument. Il était exposé à l'Exposition d'Électricité de Paris, en 1881.

(c). — TABLEAU COMMUTATEUR AUTOMATIQUE D'ÉRICCSON ET CEDERGREN

221. — Ce tableau commutateur est employé par la Compagnie des Téléphones de Suède. Il est représenté par le schéma de la figure 275, est disposé pour cinq abonnés, et à l'endroit de la bifurcation, il fonctionne tout à fait automatiquement. Il ne demande donc, sauf dérangement, aucun autre entretien que celui qui consiste à nettoyer de temps en temps les points de contact.

L'appareil se compose :

1° D'un cadran V, dont *c* est le centre. L'aiguille qui se meut sur ce cadran, est pour plus de clarté supprimée dans le dessin. Verticalement au dessus du centre *c* se trouvent cinq points de contact, 1 à 5, qui lorsque l'aiguille est dans la position de repos (verticale), font tous contact avec elle et par conséquent aussi avec le point *c*. Sur la circonférence du cadran, il y a de nouveau cinq contacts 1 à 5, reliés aux lignes qui se dirigent vers les abonnés ;

2° D'un électro-aimant E, dont les deux bobines ont une résistance de 200 ohms. Quand l'armature *a* est attirée, elle quitte le butoir *b* et interrompt le circuit à cet endroit ;

3° D'un électro-aimant R, qui sous tous les rapports est analogue à l'électro-aimant E ;

4° D'un galvanomètre G dont le multiplicateur n'a que 25 ohms de résistance. L'aiguille aimantée de ce galvanomètre est en communication continuelle avec la terre, et par ses oscillations à gauche et à droite elle fait contact avec les butoirs *d* ou *g* ;

Digitized by Google

5° De cinq électro-aimants polarisés dont deux seulement U_1 et U_2 sont visibles, tandis que les trois autres sont supprimés dans le dessin. Trois fils conduisent vers chaque électro-aimant pola-

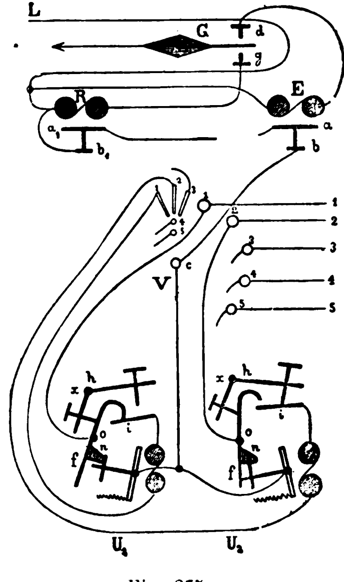


Fig. 275.

risé, deux venant des points du cadran qui portent les mêmes numéros, et un venant de l'axe *c* de l'aiguille et communiquant avec toutes les armatures. Les deux bobines de chaque électro-aimant polarisé ont ensemble une résistance de 1.750 ohms. La position de repos est indiquée par U_1, la position de travail par U_2. Il y a encore une troisième position dont nous parlerons plus tard ; *f* est un levier de contact, tournant autour du pivot *o*. Il y a en *n* un bec en matière isolante, qui arrête l'armature dans la position de repos et l'isole du levier *f*, et qui, dans la position de travail, empêche le retour de l'armature à la position de repos. Un ressort, non indiqué dans le dessin, est destiné à donner au levier *f* la position de travail ; *h* est un second levier à deux bras, qui a son axe en *x*. Les leviers *h* de tous les cinq électro-aimants polarisés ont le même axe unique *x* : si l'un des leviers *h* passe de la position U_1 à celle de U_2, les quatre autres leviers doivent suivre ce même mouvement.

Digitized by Google

La station centrale appelle l'un quelconque des cinq abonnés de la manière suivante. Pour appeler, par exemple, l'abonné 1, elle envoie un courant positif sur la ligne. Ce courant entre par L dans le commutateur automatique, traverse l'indicateur G, passe par b_1 a_1 a b au centre c du cadran et par là dans l'aiguille qui repose sur les cinq contacts, 1 à 5. A ce point, le courant se bifurque à travers les cinq électro-aimants polarisés vers les abonnés où il trouve la terre. Le courant, étant positif, ne peut pas déranger la position de repos de l'armature des électro-aimants U, il la confirme plutôt : il ne peut pas non plus mettre en branle les sonneries des abonnés parce que celles-ci répondent seulement à des courants inverses, comme ceux qui émanent de machines magnéto-électriques ; ce courant positif n'influence donc sur tout son parcours que l'aiguille du galvanomètre G. Cette aiguille est très lourde, elle se compose de trois fortes tiges d'acier aimanté, et est maintenue dans la position neutre par un fort aimant directeur et un pinceau de poil de blaireau qui frotte un radeau en acier. Elle fait, par conséquent, des mouvements lents, et en retournant vers sa position de repos ne dépasse guère celle-ci, étant arrêtée doucement par le pinceau. En outre, quand elle a atteint les butoirs d ou g, elle reste en contact avec eux environ pendant une seconde. Le courant positif la fait dévier vers d et par ce contact un nouveau chemin de beaucoup moins de résistance s'ouvre au courant à travers l'électro-aimant E vers la terre. L'armature a, qui est en communication avec une roue à rochet de l'aiguille du cadran V, est attirée et fait avancer cette aiguille d'un pas, de sorte qu'elle se place sur le point 1 qui est en communication avec le premier abonné.

Maintenant le chemin est libre entre la Station centrale et le premier abonné par L b_1, a_1, a, b c et l'aiguille du cadran ; aucun électro-aimant n'est plus dans le circuit. La Station centrale et l'abonné 1 peuvent s'appeler par machine magnéto-électrique sans rien déranger : car le galvanomètre ne répond pas à ces courants inversés. Les quatre autres abonnés sont isolés et ne peuvent ni déranger la communication établie ni surprendre la conversation.

Si, au lieu du premier abonné, le Bureau central veut en appeler un autre, disons le quatrième, il envoie quatre courants positifs sur

Digitized by Google

la ligne, et l'aiguille se place sur le point 4, qui est en communication avec le fil de l'abonné du même numéro.

Aussitôt le signal de fin de conversation donné, la Station centrale envoie un courant négatif d'une durée de deux à quatre secondes. L'aiguille G dévie de l'autre côté et bute contre g, de sorte que le courant s'écoule par l'électro-aimant R à la terre. Au moment où l'armature a_1 de cet électro-aimant quitte le butoir b_1, la ligne vers l'abonné est coupée et le courant entier passe par R. Par l'attraction de l'armature a_1, la roue à rochet de l'aiguille V est libérée et cette dernière retourne à la position zéro, poussée par un ressort en spirale qui a été remonté par l'avancement de l'aiguille. Tout rentre ainsi dans l'état de repos.

Pour les appels des abonnés par la Station centrale, les électro-aimants polarisés U ne jouent aucun rôle ; leur raison d'être s'aperçoit seulement en examinant l'appel de la Station centrale par un abonné quelconque. Supposons que l'abonné 1 veuille appeler la station centrale. Il sonne comme s'il était seul sur la ligne : les courants alternatifs passent par 1 dans le ressort f de l'interrupteur U_1, le ressort i, les bobines de l'électro-aimant, par les contacts rassemblés 1 à 5, enfin par c b a a_1 b_1 à la ligne. Ces courants trouvent bien dans les points de contact rassemblés 1 à 5 quatre autres chemins vers les abonnés 2 à 4, mais seulement pendant un moment excessivement court : car l'armature de l'électro-aimant U_1, est immédiatement amenée dans la position indiquée par U_2 et arrêtée dans cette position par le bec n. Toutes les communications sont changées par ce fait. L'armature fait contact avec le levier f, le contact du levier f avec le ressort i est interrompu, le levier s'est redressé sous l'action de son ressort, et a repoussé le levier h, de sorte que celui-ci abaisse le ressort i. Mais tous les cinq leviers h étant solidaires entre eux, les autres ont aussi abaissé les ressorts respectifs i ; donc tous les autres électro-aimants sont interrompus, et le courant de l'abonné 1, en entrant par f dans l'armature et de là directement dans l'aiguille V, n'a qu'un seul chemin, celui vers la Station centrale, sur lequel se trouve un électro-aimant. L'aiguille G ne bouge pas et la communication entre l'abonné et le Bureau central est établie sans que l'aiguille V ait quitté la position de repos. Quand la conversation est terminée, le Bureau

Digitized by Google

central envoie un courant négatif sur la ligne qui met en action l'électro-aimant R. L'armature a_1, en suivant l'attraction, n'a pas à ramener l'aiguille V à zéro, mais elle remet les leviers *h*, qui ont la position de U_2 dans la position de repos, représentée par U_1, et l'armature de U reprend aussi sous l'action du ressort la position de repos.

Quand un abonné veut parler à un autre abonné dont la ligne part du même commutateur automatique, si par exemple 3 demande 5, la Station centrale, avec laquelle 3 s'est mis en relation par son appel, envoie 5 courants positifs sur la ligne et place ainsi l'aiguille V sur 5. Les deux abonnés 3 et 5 et la Station centrale sont alors reliés entre eux. Pour remettre, après la fin de la conversation, tout en état de repos, le Bureau central envoie un courant négatif et l'armature de l'électro-aimant R remplit alors deux fonctions : d'abord, elle ramène l'aiguille V à zéro, et ensuite elle donne aux leviers *h* la position de repos représentée par U_1.

Quand il y a moins de 5 abonnés à relier à la Station centrale, on relie les bornes non utilisées à la terre à travers une résistance artificielle de 110 ohms.

(*d*) — TABLEAU COMMUTATEUR AUTOMATIQUE D'ŒSTERREICH[1]

222. — La station automatique, qui est représentée par la figure 276, se compose du commutateur proprement dit, d'un relais polarisé R′ et d'autant de relais ordinaires, R_1 R_2 R_3, qu'il y a d'abonnés reliés au commutateur. Le commutateur de la figure 276 est disposé pour 3 abonnés dont les lignes sont marquées 1, 2, 3. Une pile, P, et une résistance, R, complètent l'arrangement. Le commutateur proprement dit n'est pas visible dans le dessin, mais on comprendra ses fonctions par ce qui suit. Il consiste en un cylindre, mobile autour d'un axe horizontal. Sur ce cylindre, qui est en matière isolante, sont encastrées sur huit rayons des pièces de contact, développées en plan en Y avec leurs huit lames de ressorts correspondantes r^1 à r^{10}.

Le cylindre est mis en rotation de la Station centrale au moyen

[1] *Journal Télégraphique*, n° 8, 1887.

Digitized by Google

de courants électriques, qui parcourent l'électro-aimant C, dont l'armature, se terminant en échappement, avance le cylindre d'une dent à chaque fermeture du circuit. Au lieu de faire tourner le cylindre par l'électricité elle-même, on peut produire la force de rotation par un poids ; dans ce cas, les impulsions électriques ne font que déclancher d'une dent la roue d'échappement. Le poids, avant d'arriver à son point inférieur, ferme le circuit d'une son-

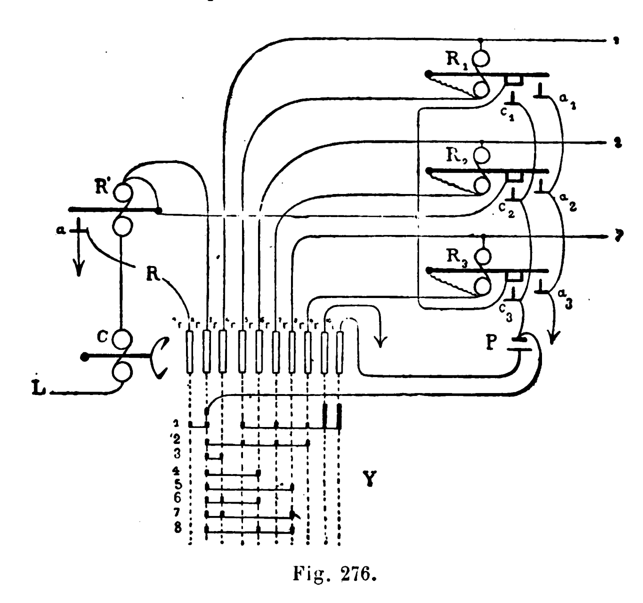


Fig. 276.

nerie d'alarme qui continue à marcher jusqu'à ce que l'employé ait remonté le poids.

Le cylindre peut prendre huit positions différentes correspondant aux huit rangées de contacts 1 à 8. Quand le cylindre a une position telle que les pièces de contact de la rangée 1 touchent les ressorts, il y a communication électrique entre les ressorts r^1 et r^2, et entre les ressorts r^4, r^6, r^8, r^9 et r^{10}. Quand un courant électrique, passant par l'électro-aimant C fait avancer le cylindre d'une dent, c'est la rangée des contacts 2 qui se place sur les dix lames r, et il y a communication électrique entre les ressorts r^2, r^4, r^6 et r^8.

Ainsi, pour chacune des huit positions du cylindre, on trouve facilement les communications électriques qui s'établissent.

Le commutateur a la position de repos quand les contacts de la

Digitized by Google

rangée 1 se trouvent sous les ressorts. Chacun des trois abonnés peut alors appeler la Station centrale sans déranger les autres. Quand, par exemple, l'abonné 2 appelle, le courant prend le chemin suivant : par 2, il traverse le relais R_2 (car dans la direction du ressort r^5, il y a interruption), et par les ressorts r^6 et r^9 il parvient à la terre ; mais le passage du courant attire l'armature du relais R_2 et on ouvre ainsi au courant un chemin plus direct à la terre par le contact a_2. Il y a en même temps un second contact établi par le mouvement de l'armature ; une pièce isolée, fixée à l'armature, bute contre c_2, et un courant de la pile P peut passer par c_2, R^1, C, et la ligne L vers la Station centrale et retourner de là par la terre à P. Ce courant n'a pas la bonne direction pour faire mouvoir l'armature du relais polarisé R^1 ni une force suffisante pour actionner le relais C ; il ne fait donc pas autre chose que d'appeler la Station centrale. Cette station envoie un courant assez énergique pour faire avancer le cylindre d'une dent et ainsi la position II se trouve établie. Le dernier courant passe par L, C, R^1, r^2, r^1, et une résistance artificielle, R, à la terre, l'armature du relais polarisé R touche le butoir a, et ouvre ainsi au courant un chemin plus direct à la terre. La position II du commutateur cylindrique obtenue, la conversation par téléphone entre l'abonné appelant et la Station centrale peut commencer.

Dans cette position II, les autres abonnés peuvent se mêler à la conversation ; ils peuvent aussi appeler, mais cela ne produit qu'un coup sec et court pour les interlocuteurs, qui par ce fait comprennent qu'un autre abonné demande également le Bureau central. Les trois abonnés peuvent alors s'entendre entre eux pour décider quels sont les deux abonnés qui doivent avoir la préférence.

Pour établir la communication à travers le Bureau central avec l'abonné d'une autre ligne, la Station centrale donne au commutateur cylindrique la position III, si c'est l'abonné 1 qui a appelé, la position IV pour l'abonné 2, la position V pour l'abonné 3.

Pour les cas où un abonné en demande un autre du même fil, on a les positions VI, VII et VIII. Par la position VI, l'abonné 1 est mis en relation avec l'abonné 2, par VII l'abonné 1 avec 3, et par VIII l'abonné 2 avec 3. Le chemin que parcourt le courant dans chaque cas spécial est facile à suivre. Dans la position VI par

Digitized by Google

exemple, où l'abonné 1 est mis en communication avec l'abonné 2, le courant arrivant de 1 passe sans traverser le relais R^1, par le ressort r^3 dans les ressorts r^2 et r^5, par r^5 le courant arrive chez l'abonné 2 et par r^2 il atteint la Station centrale qui est intercalée en bifurcation pour pouvoir recevoir le signal de fin de conversation.

Après la fin d'une conversation, le Bureau central ramène toujours le commutateur cylindrique dans la position de repos, mais il doit pouvoir s'assurer que cette position est en effet atteinte. Dans ce but, il y a entre les rangées de contact 8 et 1 un contact qui correspond au ressort r^2 et communique avec un pôle de la pile P, et les deux derniers contacts de la rangée 1 sont allongés vers la rangée 8. Quand le cylindre passe de la position VIII à la position I, le ressort r^2 glisse un moment sur le contact qui est en communication par les ressorts r^9 r^{10} avec la terre : un courant momentané atteint donc la Station centrale et y donne, sur un galvanomètre, le signal indiquant que le cylindre a effectivement atteint sa position de repos.

Si la Station centrale désire appeler un abonné, elle n'a qu'à avancer le cylindre du commutateur automatique jusqu'à la position voulue : pour l'abonné 3, par exemple, jusqu'à ce que la rangée 5 des contacts Y soit arrivée sous les ressorts r.

Digitized by Google

CHAPITRE XXVII

PLUSIEURS ABONNÉS PLACÉS SUR UN SEUL CIRCUIT (III)

223. — Dans les systèmes précédents de tableaux commutateurs automatiques, plusieurs postes étaient desservis par un seul fil de ligne et l'appareil automatique était installé au point où cette ligne se divisait en plusieurs embranchements formés par les fils d'un nombre limité d'abonnés. Ce système, que nous pouvons appeler *radial*, a le grand inconvénient de ne pouvoir être avantageusement employé que pour un nombre restreint d'abonnés, habitant à peu de distance les uns des autres. Construit pour un grand nombre d'abonnés, le tableau automatique dans ces systèmes ne tarderait pas à devenir excessivement compliqué, très coûteux et sujet à des dérangements fréquents : ainsi disparaîtraient les avantages du système, qui consistent principalement à dispenser de la nécessité d'employer un employé salarié.

Il est donc, dans bien des cas, plus convenable de distribuer les abonnés sur un seul fil, l'un à le suite de l'autre, c'est-à-dire, en série, comme les stations télégraphiques.

Pour ce problème aussi diverses solutions ont été proposées.

M. Elsässer[1] a modifié le système d'appel individuel Wittmer et Wetzer pour bureaux télégraphiques[2] dans ce sens qu'il s'adapte à des stations téléphoniques placées sur un seul fil.

224. — M. le professeur Zetsche[3] a encore un peu modifié cet

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, p. 161.
[2] *Zeitschrift für Angewandte Electricitätslehre*, vol. III, p. 439.
[3] *Electrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, p. 257.

Digitized by Google

arrangement et a en outre publié deux autres solutions de l'intercalation des abonnés en série, qui sont assez intéressantes.

D'après le premier de ces deux systèmes chaque station d'abonné est pourvue, outre les appareils téléphoniques, de deux relais polarisés, d'une sonnerie d'appel avec pile locale, d'un bouton d'appel, d'une pile de ligne et d'un rhéostat. Le Bureau central doit pouvoir envoyer à volonté des courants de force différente, autant de différences de force qu'il y a de stations intercalées sur la ligne. Le courant d'unité de force n'actionne que le premier relais du premier poste, le courant de force double actionne le second relais du premier poste et le premier relais du second poste et ainsi de suite, de sorte que pour le poste n il faut un courant n fois plus fort que pour le premier et ce courant actionne le premier relais du poste n et tous les relais des postes précédents. L'attraction de l'armature du premier relais d'un poste interrompt la ligne vers les postes suivants, et ferme le circuit local de la sonnerie qui sonne jusqu'au moment où le téléphone est décroché. L'attraction des armatures du premier et second relais ouvre un chemin à travers le poste à l'exclusion des appareils téléphoniques : les postes non appelés sont ainsi exclus de la ligne pendant la conversation du poste appelé. A la fin de la conversation, le Bureau central lance sur la ligne un courant de la force n et de sens opposé, qui remet toutes les armatures dans leur position de repos. Quand un des postes d'abonnés veut appeler le Bureau central, il n'a qu'à abaisser son bouton d'appel ; un courant qui n'influence pas les relais et ne peut par conséquent déranger les autres postes, déclanche alors l'annonciateur du Bureau central.

Le second arrangement ne demande qu'un relais polarisé par poste d'abonné. Tous les électro-aimants et sonneries des abonnés sont, à l'état de repos, intercalés dans les lignes, donc quand le Bureau central appelle (par des courants qui n'influencent pas les armatures des relais), toutes les sonneries fonctionnent à la fois, et il faut pour chaque abonné un signal spécial comme dans la télégraphie. L'employé du Bureau central, en décrochant son téléphone, exclut tous les abonnés situés plus loin; au Bureau central incombe aussi la tâche d'exclure de la ligne les postes qui sont intercalés entre lui et le poste appelé, ce qui se fait par

Digitized by Google

un courant qui influence les armatures des relais polarisés. Après la fin de la conversation, il faut naturellement ramener les relais dans leur position de repos.

225. — MM. Hartmann et Braun, à Bockenheim, près Franc-fort-sur-le-Mein, ont construit un appareil qui paraît présenter une solution plus complète du problème. L'appareil répond à toutes les conditions qu'on peut exiger d'un pareil système, et s'adapte facilement aux différents systèmes téléphoniques à appel magnéto-électrique ou à pile. Extérieurement l'appareil a la forme d'une boîte à appel magnéto-électrique. Sur la surface antérieure, se trouvent en bas l'embouchure du microphone, et en haut deux disques, l'un à gauche avec manivelle, portant les indications « *mise en repos* » (abstellen), « *mise sur appel* » (einstellen), « *appel* » (aufrufen), et « *conversation* » (sprechen) ; l'autre à droite avec aiguille, et autant de chiffres sur la périphérie qu'il y a de postes intercalés sur la ligne. Les téléphones récepteurs, la manivelle de l'inducteur magnéto-électrique et les timbres de la sonnerie d'appel complètent l'intérieur de la station.

A l'intérieur de la boîte, la partie la plus importante du système est un axe combiné avec l'aiguille du cadran de droite mentionné plus haut. Cet axe, qui remplit différentes fonctions, est représenté

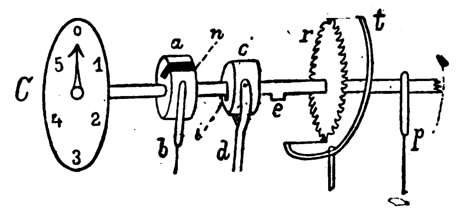


Fig. 277.

par la figure 277. — C est le cadran extérieur dont l'aiguille peut occuper une position zéro ou de repos et cinq autres positions correspondant à cinq abonnés sur la ligne. Derrière le cylindre *a* vient un second cylindre *c*, qui est complètement libre sur l'axe et peut au moyen du levier *d* être avancé ou reculé librement sur l'axe. Mais cet axe a en *e* une came, qui à l'état de repos, correspond exactement à l'excavation *i* du cylindre *c*. Plus en arrière vient une

Digitized by Google

roue à rochet *r*, avec l'échappement *t* : finalement une lame à ressort *p* glisse sur l'axe et fait contact avec lui. Sur un point du cylindre *a* est fixé un secteur en matière isolante *n*, mais dans chaque poste d'abonné, ce secteur se trouve en un autre endroit du cylindre. Chez l'abonné 1 le secteur est placé de telle façon qu'il entre sous le ressort *b*, quand l'aiguille est sur le chiffre 1 ; chez l'abonné 2, ce cas aura lieu quand l'aiguille est sur 2 et ainsi de suite.

Quand toutes les aiguilles sont sur zéro, le circuit de ligne passe dans chaque station d'abonné par le ressort *b*, le cylindre *a*, l'axe, le ressort *p*, et un électro-aimant polarisé, dont l'armature est combinée avec l'échappement *t*. Rien n'est donc intercalé que ces électro-aimants des différents postes. Si maintenant d'une manière quelconque des courants alternatifs sont lancés sur la ligne, ces courants agitent les armatures des électro-aimants polarisés, les échappements *t* entrent en action, la roue d'échappement *r* se meut et avec elle l'axe et l'aiguille du cadran qui passe successivement sur tous les chiffres de ce dernier. Chaque poste a une machine magnéto-électrique, comme il est dit plus haut, pour produire ces courants alternatifs, mais elle n'est pas intercalée dans le circuit, si un abonné veut en appeler un autre ou le Bureau central, il est obligé, pour effectuer cette intercalation, de conduire la manivelle du premier cadran sur « *mise en appel* ». Par ce mouvement de la manivelle, le levier *d* est poussé à droite et le cylindre *c* passe sur la came *e*, ce qui est possible vu que la came correspond avec l'entaille *i*, creusée dans le cylindre *c* ; la came apparaît alors du côté gauche du cylindre *c* et l'axe est de nouveau libre. Si maintenant l'abonné tourne sa machine magnéto-électrique, il fait marcher les aiguilles de tous les abonnés, y compris la sienne. Pour appeler, par exemple, l'abonné 4, il tourne la manivelle de la machine magnéto-électrique jusqu'au moment où l'aiguille est arrivée sur le chiffre 4. Chez l'abonné 4, le secteur isolant *n* du cylindre *a* est alors arrivé sur le ressort *b* et le courant ne peut plus passer par l'axe, il est au contraire obligé de traverser l'électro-aimant d'une sonnerie d'alarme. L'abonné appelant place alors la manivelle du premier cadran sur « *appel* », ce qui a pour effet de changer les courants alternatifs de la machine magnéto-électrique en courants de

Digitized by Google

même sens, qui n'influencent plus les relais polarisés mais mettent en branle la sonnerie d'appel de l'abonné 4. En décrochant les téléphones récepteurs, les deux abonnés peuvent alors converser entre eux, puisque par le mouvement du crochet le micro-téléphone s'intercale à la place de la sonnerie d'appel; mais les autres abonnés ne peuvent pas surprendre cette conversation ni la déranger, parce que leur téléphone n'est pas intercalé dans le circuit et parce que le cylindre *c* ne peut pas passer de l'autre côté de la came *e*, cette dernière ne correspondant plus maintenant avec l'entaille *i* dans le cylindre *c*.

La conversation finie, il faut ramener l'aiguille sur zéro et reconduire le cylindre *c* dans sa position de repos. Le Bureau central est traité comme un poste d'abonné et lui-même procédera pour l'appel, comme un de ces derniers. Si les abonnés ont oublié de ramener les aiguilles sur zéro, il peut le faire à leur place.

226. — M. Johnston Stephen a fondé son système sur le principe des pendules de différentes longueurs, que Bizot, dans le temps, a proposé pour l'appel individuel des bureaux télégraphiques. Dans

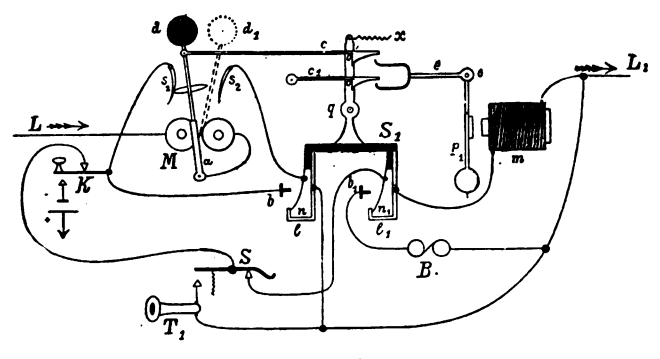


Fig. 278.

la figure 278, nous donnons une représentation schématique de ce système : cette figure montre l'ensemble d'un poste d'abonné intercalé avec un certain nombre d'autres postes analogues sur une ligne unique : T_1 est l'appareil micro-téléphonique, K est le bouton d'appel, et B la sonnerie d'appel ; M est un électro-aimant polarisé, dont l'armature *a* peut prendre deux positions : celle de repos *d*, quand un courant positif a traversé la ligne LL_1, dans le sens


Digitized by Google

des flèches, et la position d_1, quand ce courant était de sens opposé ; S_1 est un levier qui remplit les fonctions d'un manipulateur Morse double, les deux bras coudés l et l_1 sont isolés l'un de l'autre, les contacts n et n_1 font contact avec eux dans la position de repos. Le levier S_1 a son axe en q, et son bras supérieur est attiré vers la droite par le ressort à boudin x, mais retenu en position verticale par les deux crochets c et c_1 Le pendule p_1 a dans chaque poste d'abonné une longueur différente, donc aussi une vitesse de vibration différente; il oscille autour du point o et entraîne dans son mouvement le levier e avec la fourchette ; m est un électro-aimant ordinaire.

Pour comprendre le fonctionnement de cet appareil, nous expliquons d'abord l'appel du Bureau central par un abonné et la mise en communication de cet abonné avec un autre situé sur le même ou sur un autre fil. On peut distinguer six périodes ou temps de cette opération.

Première période. — L'abonné appelle le Bureau central (qui est situé à gauche de la figure 278) en abaissant le bouton K. Le courant passe par s_1 a et l'électro-aimant M, et par la ligne L au Bureau central et retourne par la terre : aux postes des abonnés, qui se trouvent entre le poste appelant et le Bureau central, il traverse les électro-aimants m et M, mais ne produit qu'une très légère secousse aux pendules p, et ne peut pas altérer la position des armatures a, parce que le courant n'a pas la direction convenable. La communication avec le Bureau central des abonnés situés à droite de la figure 278 est interrompue pendant que le bouton K est abaissé.

Deuxième période. — L'abonné décroche son téléphone et indique au Bureau central avec quel autre abonné il désire être mis en communication, après quoi l'abonné raccroche de nouveau son téléphone.

Troisième période. — Le Bureau central individualise l'abonné appelé. A cet effet, il a une espèce de métronome auquel il peut donner à volonté la vitesse d'oscillation du pendule d'un abonné quelconque. Ce métronome, en faisant ses oscillations, envoie des cou-

Digitized by Google

rants positifs sur la ligne qui n'affectent pas les armatures a mais influencent tous les pendules p : pourtant c'est seulement celui des pendules dont la vitesse d'oscillation correspond à celle des émissions du courant qui atteint peu à peu une amplitude suffisante et peut soulever les deux crochets c et c_1, sur quoi le levier S_1 s'incline avec sa partie inférieure vers la gauche. Le courant intermittent du Bureau central passe alors au poste ainsi individualisé par M, a, s_1, K, S, n_1, b_1, et la sonnerie B.

Quatrième période. — Le poste appelé décroche son téléphone, et apprend du Bureau central que tel autre abonné désire se mettre en communication avec lui. Après cette communication, le téléphone est de nouveau raccroché.

Cinquième période. — Le Bureau central individualise l'abonné appelant, comme il a individualisé dans la troisième période l'abonné appelé.

Sixième période. — Le Bureau central lance un courant négatif sur la ligne (ou sur les lignes si les abonnés appelant et appelé se trouvent sur deux différentes lignes). Par ce courant, toutes les armatures a se mettent dans la position d_1, le contact s'établit avec le ressort s_2, et chez les abonnés appelant et appelé le crochet c s'accroche de nouveau au bras supérieur du levier double S_1.

Par ce mouvement de l'armature a le disque d devient visible et indique dans tous les postes que la ligne ou les lignes sont occupées. Chez les abonnés appelant et appelé, la sonnerie B se met en branle et chez tous les autres abonnés les courants passent par M, a, s_2, n, et par conséquent le téléphone T aussi bien que le bouton K sont exclus et il est impossible à tous ces abonnés de déranger les abonnés conversants ou de surprendre leur conversation.

Quand les deux abonnés ont fini leur conversation, l'un deux lance au moyen du bouton K un courant négatif à la station, l'informant ainsi qu'elle peut remettre la ligne ou les lignes en état de repos. Sur quoi le Bureau central envoie un courant positif, qui ramène toutes les armatures a dans la position représentée par la figure 278. Chez les abonnés, qui étaient en conversation entre eux, le crochet c ramène en même temps le levier S_1, dans la position de repos indiquée par la figure 278.

Digitized by Google

227. — Un système d'appel individuel, imaginé par MM. Brown et Saunders, a été employé avec succès en Angleterre. Il est basé sur le principe du pendule, comme l'appareil de M. Johnston Stephen.

L'appareil se compose de deux pendules, le pendule intérieur a sa tige fixée à l'armature d'un électro-aimant et sa lentille fixée sur la tige mais pour le pendule extérieur, la lentille peut glisser le long de le tige qui est graduée ; ce pendule est arrangé de manière à envoyer deux courants par vibration complète. Le pendule ajustable ne répond qu'aux vibrations qui correspondent à son ajustement. Lorsque son oscillation atteint toute son amplitude, il ferme le circuit d'une sonnerie d'appel de manière que les courants de ligne la traversent et la mettent en branle.

Avec ce système, l'appel n'est donné qu'au poste demandé ; aux autres postes, les sonneries ne sont pas actionnées.

228. — Le British Post Office emploie un système très simple et très efficace, qui assure le secret absolu pour deux postes quelconques en communication sur le circuit.

Chaque poste est pourvu d'un téléphone Gower-Bell complet (§ 35), avec une disposition spéciale de liaisons, un relais et un commutateur électro-magnétique. Ce dernier instrument est en réalité un relais ayant deux clefs, qui sont actionnées simultanément et qui jouent entre des contacts indépendants.

Avec six postes sur le circuit, la pile pour chaque poste comprend 24 éléments Leclanché, et ils sont disposés de façon que le courant aille toujours dans le même sens. Sur le circuit d'appel, à chaque poste on intercale une résistance de 450$^{\omega}$ pour réduire le courant d'appel.

A l'état normal, les bobines du relais et du commutateur électro-magnétique sont en circuit à chaque poste. Le circuit local du relais sert à faire marcher la sonnerie d'appel, et le commutateur électro-magnétique normalement met le téléphone en circuit ; lorsque les armatures sont attirées, les bobines du commutateur seules peuvent être en circuit. Les liaisons du téléphone sont telles qu'en enlevant les tubes pour parler, on envoie sur la ligne un courant de la pile d'appel sans les 450$^{\omega}$ de résistance en circuit. Des si-

Digitized by Google

gnaux, dont on est convenu d'avance, sont employés pour appeler les différents postes.

Si maintenant, à l'état normal, un abonné quelconque abaisse le bouton d'appel de son téléphone, les courants réduits de la pile d'appel passent sur la ligne et actionnent le relais à chaque poste. Les commutateurs électro-magnétiques sont réglés de manière à ne pouvoir être actionnés par le courant d'appel.

Après avoir répondu, le correspondant demandé enlève les tubes des crochets commutateurs et l'abonné appelant fait de même ; par conséquent, un courant ayant toute l'intensité que peuvent donner 24 éléments Leclanché est lancé sur la ligne. Ce courant (qui a plus du double d'intensité du courant d'appel) actionne les commutateurs électro-magnétiques à tous les postes, hormis ceux dont il émane, et les met ainsi tous hors circuit. Il est donc absolument impossible à un troisième abonné d'intervenir, puisque les deux premiers qui soulèvent les tubes téléphoniques, du même coup mettent tous les autres postes hors circuit.

L'acte de remettre les tubes sur leurs supports remet automatiquement le circuit dans son état normal.

Un poste quelconque peut aussi être muni d'un commutateur intermédiaire (§ 119), de manière que le circuit peut être divisé à ce point, et que deux postes quelconques puissent communiquer simultanément de chaque côté du commutateur.

Digitized by Google

CHAPITRE XXVIII

APPLICATION DU TÉLÉPHONE AU SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE

229. — Le mérite d'avoir tiré parti de l'extrême simplicité de cette application appartient à l'Administration des Télégraphes d'Allemagne, où il y a à présent plus de 4.000 bureaux télégraphiques employant le téléphone. Nulle autre administration, privée ou publique, ne peut se vanter d'un pareil développement de la téléphonie dans cette direction. Les craintes exprimées autrefois que le téléphone ne pouvait que nuire à la télégraphie sont complètement tombées devant cette fusion intime des deux genres de service. En réalité, ils s'entr'aident en Allemagne. Le téléphone affirme sa puissance sur les petites distances où le télégraphe ne peut pas lutter avec lui, mais aussitôt que la distance augmente, l'importance du téléphone diminue et finalement c'est le télégraphe qui fait valoir ses titres incontestables. D'un autre côté, le téléphone combiné avec le télégraphe peut pénétrer dans des localités qui sont trop petites ou pas assez riches pour faire les frais d'une station télégraphique proprement dite. L'installation d'une station téléphonique est très simple et peu coûteuse, la manipulation des appareils ne demande pas un long apprentissage, on peut donc établir des stations téléphoniques faisant le service des bureaux télégraphiques dans des conditions beaucoup plus favorables pour les communes que celles qui s'imposent pour l'installation d'un bureau télégraphique. En Suisse, par exemple, le seul pays avec l'Allemagne où cette application a été adoptée sur une vaste échelle, toute commune qui désire être reliée au bureau télégraphique le plus rapproché par une ligne téléphonique doit supporter la moitié des frais de la construction de cette ligne. La

Digitized by Google

commune a en outre à fournir un local, le chauffage et l'éclairage compris, pour y installer les appareils, et elle doit pourvoir au service de cette station téléphonique. Tout le reste, l'installation et l'entretien des appareils et de la ligne, l'installation complète de la station de transmission, etc., incombe à l'administration.

En Angleterre, l'instrument ABC, qui ne demande, pour ainsi dire, pas d'entretien et fonctionne entièrement par les courants magnétiques, exige très peu d'habileté de la part de l'employé et peut se dispenser de secret ou de silence : aussi a-t-il jusqu'ici parfaitement tenu son rang pour des circuits locaux peu importants.

La combinaison d'une ligne téléphonique avec un bureau télégraphique est des plus simples et ne demande aucune description spéciale. Le téléphone et le télégraphe étant indépendants l'un de de l'autre, on n'a qu'à reproduire sur une feuille de papier le message reçu verbalement et ce document servira comme télégramme original pour la transmission télégraphique, et *vice versa*. Le téléphone cependant exige une salle spéciale et ne pourrait être fixé dans un magasin ou boutique ouverte.

230. — Quelquefois on ne pose pas de ligne ou fil spécial pour la station téléphonique, mais on intercale celle-ci sur un fil télégraphique. Ce genre d'intercalation est surtout employé quand la station téléphonique à créer est située sur le parcours du fil télégraphique et lorsque ce fil n'est pas soumis à un trafic considérable de correspondances télégraphiques. Le système d'appel employé en Suisse pour la téléphonie permet cette intercalation sans trop de difficulté. La figure 279 donne la disposition schématique de cette disposition : L L_1 est le fil télégraphique, A est le bureau télégraphique par l'entremise duquel les communications de la station téléphonique B sont transmises sur le réseau télégraphique et *vice versa*, M est l'appareil Morse, T, le manipulateur, et *p*, la pile. Le système micro-téléphonique de chaque station est, pour plus de simplicité, représenté par le téléphone *t*: *c* et c_1 sont des commutateurs pour mettre le circuit à la terre quand on téléphonie de A à B; G sont des générateurs magnéto-électriques; *s* et s_1 des sonneries d'appel fonctionnant par courants alternatifs, *b* est

Digitized by Google

le galvanomètre de la station téléphonique. Quand la ligne L L_1 est utilisée pour la télégraphie, la communication avec la terre est interrompue en c et c_1 les courants télégraphiques passent par les sonneries s et s_1 mais ne peuvent pas les influencer, parce qu'ils ne sont pas alternatifs. Il convient cependant de choisir les courants télégraphiques de sens tel qu'ils renforcent les aimants permanents de ces sonneries au lieu de les affaiblir. Les générateurs G sont, comme on le sait, automatiquement exclus de la ligne, quand ils ne sont pas en action. Si la station B veut transmettre par téléphone un télégramme en A, elle regarde d'abord si la boussole b est tranquille, c'est-à-dire si la ligne est libre. Si oui, elle établit la communication avec la terre c et sonne. Les sonneries s et s_1 se mettent en branle et les bureaux télégraphiques à la droite de B entendent un faible roulement de l'armature de leur récepteur, qui leur indique la nature de cet appel. La station A,

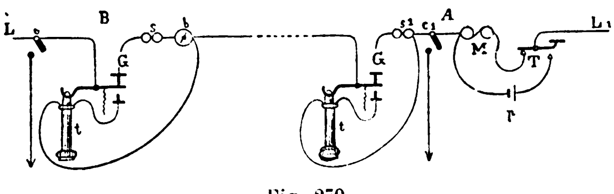


Fig. 279.

après avoir établi la communication avec la terre en c_1, répond aussi par le générateur et la conversation peut commencer sans possibilité de dérangement de la part des bureaux télégraphiques. Pendant tout ce temps, la ligne L L_1 peut être utilisée par télégraphe à la gauche de L jusqu'au dernier bureau et à la droite de L_1 jusqu'en A. Le même arrangement peut aussi servir quand la ligne télégraphique est exploitée par le système du courant continu.

231. — Une autre intercalation de stations téléphoniques dans un fil télégraphique à courants continus a été indiquée par M. Zetsche[1]. Quand il y a des stations téléphoniques des deux côtés du bureau télégraphique, qui fait le service de translation, il s'agit

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, p. 211.

Digitized by Google

surtout d'éviter dans le téléphone des courants qui puissent affaiblir l'aimantation.

La figure 280 représente le bureau télégraphique chargé de faire l'intermédiaire entre des stations téléphoniques intercalées dans la ligne L_1 L_2 à droite et à gauche : A est l'appareil Morse, M le manipulateur, p la pile, T l'appareil micro-téléphonique, C un tableau commutateur à fiches à cinq lames dont quatre sont coupées au milieu. Normalement, les fiches sont placées dans les trous 1, 3, 5 et 7, le courant circule dans le sens des flèches et renforce l'aimant dans le système micro-téléphonique.

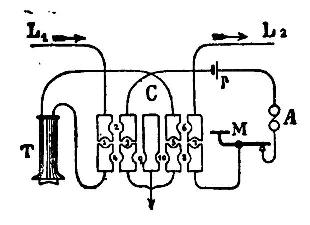


Fig. 280.

Le téléphone est intercalé dans la ligne, mais de façon que les stations téléphoniques soient à même d'envoyer des appels. Quand on veut téléphoner à une station située à gauche du bureau intermédiaire, on n'a qu'à introduire une fiche supplémentaire dans l'un des trous 9 et 10. La ligne L_2 est alors indépendante de la ligne L_1 et le sens du courant n'est pas changé. Si au contraire le téléphone T doit être mis en communication avec une station téléphonique intercalée sur la ligne L, il faut introduire les chevilles dans les trous 2, 4, 6 et 8 et dans 9 ou 10.

Le sens du courant dans le téléphone ne sera pas changé dans ce cas non plus. On peut en outre exclure le téléphone de la ligne en introduisant des fiches dans les trous 2, 4, 5 et 7 ou seulement 2 et 7.

Digitized by Google

CHAPITRE XXIX

TÉLÉPHONIE MILITAIRE

232. — L'emploi du téléphone dans les opérations militaires n'est pas aussi étendu qu'on serait porté à le croire à première vue. Et de fait, lorsqu'on considère attentivement les conditions dans lesquelles on en a généralement besoin en campagne, il se présente immédiatement plusieurs objections sérieuses à son emploi pour transmettre la parole articulée à une distance quelconque.

Il est sans doute très avantageux à une armée de pouvoir transmettre rapidement des renseignements entre ses diverses divisions, avant-postes, ailes, avant-garde et arrière-garde, etc. ; mais les instructions ainsi transmises doivent être absolument correctes et les conséquences d'une erreur dans la transmission du contenu d'une dépêche peuvent être assez désastreuses pour contre-balancer tous les avantages d'une transmission rapide.

C'est une règle invariable dans l'armée anglaise que tous les ordres importants doivent être délivrés par écrit et on connaît des exemples nombreux de méprises fatales qui ont eu pour cause directe des ordres verbaux mal interprétés.

Or, un ordre transmis par téléphone est pire qu'un ordre verbal délivré d'un officier à l'autre, puisqu'il est probablement transmis verbalement entre deux employés qui ne comprennent pas sa signification ni sa portée, et au moyen d'un mécanisme qui, tout en étant un triomphe merveilleux d'invention, est bien moins sûr que la voix humaine s'adressant directement à l'oreille humaine.

Des exemples de transmission inexacte de dépêches téléphoniques sont probablement connus par expérience de tous ceux qui se

Digitized by Google

servent habituellement de cet instrument : il y a un fait bien connu qui est arrivé sur une ligne militaire, heureusement en temps de paix, lorsque certains renseignements au sujet de la position d'une cartouche de mine sous-marine *aux Aiguilles* (a submarine mine case at the Needles) fut interprétée comme une demande urgente pour une boîte d'aiguilles (a case of needles).

En calculant la fréquence probable des méprises dans la transmission en campagne, il faut considérer les circonstances défavorables qui entourent les employés aux deux extrémités de la ligne. Il est difficile à dire si le bruit du canon est plus gênant à l'extrémité de transmission qu'à celle de réception. Sans doute les transmetteurs ne le reproduiraient que trop fidèlement. Ajoutez à cela l'effet de la présence de nombreux officiers, probablement tous fort excités, qui demandent chacun l'urgence pour leurs dépêches respectives, et on pourra se former une faible idée de l'état dans lequel doivent se trouver les nerfs du malheureux employé. *Illi robur et æs triplex*, à coup sûr, s'il ne perd pas la tête.

Une autre objection est la publicité inséparable de l'acte de la transmission. Un général peut être dans le cas de devoir envoyer des instructions très importantes, mais en général, il ne tient pas beaucoup à ce qu'elles soient criées lentement et distinctement par la voix de stentor d'un soldat ordinaire ; aux avant-postes, en contact avec l'ennemi, le procédé serait évidemment tout à fait inadmissible. Cependant, quoique la téléphonie proprement dite ne puisse pas être considérée en général comme propre à la transmission de dépêches militaires, elle a sa sphère propre d'utilité.

233. — Dans les camps permanents, et même dans les camps temporaires qui ne sont pas dans la présence immédiate de l'ennemi, il y a un vaste champ ouvert à son emploi pour expédier la routine ordinaire des affaires, la promulgation des ordres, les réquisitions, etc. La correspondance de cette espèce dans un vaste camp est très considérable et nécessite, quand on n'a pas recours au téléphone, l'emploi constant d'un grand nombre d'ordonnances ; il y a souvent aussi une grande perte de temps avant qu'on obtienne la réponse aux questions les plus simples, par exemple le nombre de rations nécessaires pour un certain régiment, etc.

Digitized by Google

Toutes les affaires pareilles se laisssnt admirablement traiter par le téléphone. On n'a pas encore inauguré un système de fonctionnement bien défini, mais il est probable qu'un Bureau central régulier sera établi sous la direction du Bataillon Télégraphique des *Royal Engineers*, qui devra se charger de l'équipement nécessaire : chaque corps et division aura ses propres instruments et une longueur de ligne suffisante, et sera responsable pour les installations de son propre circuit. De cette manière tout le système peut être mis en état de service presque aussitôt que les tentes sont dressées.

Un Bureau central d'expérimentation fonctionne depuis quelque temps à Chatham pour donner aux employés du Bataillon Télégraphique l'occasion de s'exercer : on a trouvé qu'il est d'un grand secours.

234. — Le principal usage du téléphone dans les opérations militaires est cependant celui de récepteur télégraphique.

Dès que les téléphones étaient entrés dans le commerce, on s'efforça d'employer pour la télégraphie militaire un instrument dans lequel les courants les plus faibles pouvaient produire un signal perceptible à l'oreille.

D'abord on employa le téléphone à recevoir les courants envoyés par une clef Morse de la manière ordinaire, mais on ne tarda pas à rencontrer des difficultés dans cette direction. Les sons produits par les fermetures et les ruptures du courant étaient si semblables qu'il y avait une tendance de la part des employés à lire les signaux de travers ; en outre, quand il y avait, dans le voisinage, des circuits fonctionnant d'après le système Morse, les signaux causés par induction étaient un obstacle sérieux.

Pour remédier à ces défauts on introduisit avec grand avantage un système de courants intermittents. Les courants intermittents produisent dans le téléphone une note musicale en guise de signal ; celle-ci ne peut pas être mal interprétée ni influencée par un courant induit ordinaire. De plus, on atteignit une sensibilité considérablement augmentée avec une dépense de courant moindre.

Ce système fut pratiquement essayé par le capitaine Cardew, R. E., en 1881. L'arrangement alors adopté ne diffère que légèrement de

Digitized by Google

celui employé dans le dernier modèle d'instruments, représenté par la figure 281.

Le courant est fourni par quelques éléments de pile et passe à travers les bobines d'un électro-aimant placé en circuit dérivé sur la ligne. Cet aimant attire une armature montée sur ressort, qui par son mouvement interrompt le circuit de la pile et le rétablit en

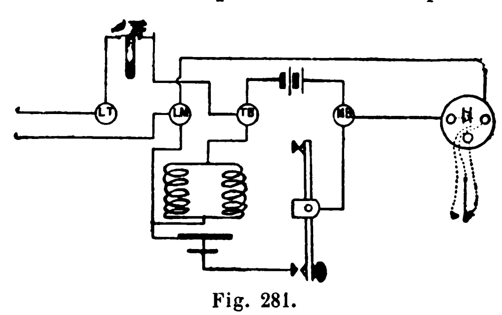


Fig. 281.

retombant, et ainsi de suite, exactement comme une sonnerie ordinaire, excepté que le moment d'inertie est beaucoup moindre et les vibrations par conséquent plus rapides, si rapides de fait qu'elles puissent produire une note musicale.

Cet électro-aimant, avec son armature vibrante, est employé à l'extrémité de transmission de la ligne pour transformer le courant de pile ordinaire en un courant à impulsions, capable de produire une note musicale dans le téléphone ; les signaux sont donnés par une clef Morse ordinaire.

Le téléphone récepteur est intercalé sur la ligne et non sur le contact postérieur de la clef, comme dans la connexion Morse ordinaire. La raison en est que le téléphone, à l'extrémité de transmission du circuit, remplit la fonction du galvanomètre ordinaire et informe l'employé que les signaux sont lancés sur la ligne.

On observe que le courant à travers le transmetteur vibrant n'est pour ainsi dire pas affecté par l'état de la ligne, même si celle-ci est interrompue ou mal isolée, puisque la résistance de l'aimant est seulement de 10 ohms. Ce point est d'une grande utilité ; on a fréquemment transmis des signaux à travers des fils rompus, dont les extrémités faisaient alors plus ou moins office de communications à la terre, et aussi par des fils en contact avec la terre sur toute leur longueur. Naturellement, le courant à la ligne, dans le

Digitized by Google

dernier cas, est considérablement augmenté et le travail à accomplir affecte la pile. On observe aussi que les extra-courants dans le transmetteur améliorent le signal à la ligne.

Dans le dernier type d'instruments, les connexions ont été modifiées dans le but de permettre pour la conversation, quand il en est besoin, l'emploi d'une forme de microphone ; la bobine de l'électro-aimant agit alors comme une bobine d'induction. Avec ce microphone, on n'a besoin d'employer qu'un commutateur et cela pour le microphone lui-même, afin d'établir le contact. C'est la main qui manie ce commutateur en prenant la poignée de l'instrument.

Toutes les dépêches envoyées par les employés sont cependant rédigées en signaux Morse et interprétées par l'oreille ; la parole n'est employée que pour les communications directes entre les officiers.

235. — Ce système à vibrations a rendu de grands services dans toutes nos dernières guerres, les différentes expéditions d'Egypte comprises ainsi que celle du Bechuanaland, et il est maintenant adopté à l'état permanent sur les télégraphes d'Egypte. Il a principalement servi au fonctionnement de lignes construites à la hâte et fautives. Toutes les dépêches du champ de bataille de Tel-el-Kebir furent envoyées d'après ce système, et dans l'expédition du Nil, il a permis dans plusieurs occasions de transmettre des dépêches très importantes à travers des sections de cette longue ligne dont les fautes rendaient le fonctionnement impossible au moyen des appareils ordinaires. Il a aussi fonctionné avec succès à travers des longueurs considérables de fil nu posé sur le sol et enfoui absolument sous terre par endroits.

Quoique très utile pour la télégraphie de campagne, ce système à vibrations n'est pas propre pour le travail ordinaire sur les télégraphes permanents du pays. En voici les raisons :

1° La note ou bourdonnement (*buzz*) est plus fatigante pour le télégraphiste que les signaux Morse ordinaires, ou en tout cas pour les employés habitués à ces derniers ;

2° La note est reproduite par induction sur les lignes parallèles et nuit ainsi au fonctionnement général ;


Digitized by Google

3° Elle est beaucoup affaiblie par toutes sortes d'inductions. Induction dynamique provenant des fils parallèles, induction magnétique en passant par les électro-aimants et induction statique sur les longues lignes et surtout sur les circuits souterrains et sous-marins.

Ce système fut cependant utilisé sur une vaste échelle après la grande tourmente de neige de la Noël 1886, et il rendit alors de grands services sur les lignes télégraphiques postales en permettant de pouvoir employer les fils rompus.

On peut résumer de la manière suivante les avantages de ce système en campagne :

1° Sa grande sensibilité, qui permet d'établir des communications à travers des lignes défectueuses, des fils non isolés reposant sur le sol, de très mauvais joints, des dérivations à la terre, etc. ;

2° La grande économie de courant réalisée par son emploi : 10 éléments sont le maximum dont il ait jamais besoin et il fonctionne même avec un seul élément ; de plus, le courant, qui est vibratoire, a peu d'effet en polarisant la pile. Naturellement, quand le microphone est employé, il nécessite une dépense d'énergie de pile plus considérable, mais il ne forme point une partie essentielle du système;

3° Le téléphone comme récepteur, ne demande jamais de réglage ; de là souvent une économie de temps considérable quand on a besoin de poser rapidement une ligne et d'entrer immédiatement en correspondance ;

4° On peut se livrer à la conversation quand on veut, sans changer les connexions et sans produire des complications dans les instruments ;

5° Les signaux sont beaucoup plus facilement interprétés par des signaleurs, habitués à interpréter les signaux de pavillons ou lumineux, que ne le sont les signaux Morse.

EMPLOI DU TÉLÉPHONE AUX EXERCICES DE TIR

236. — L'exercice au tir, tel qu'il est pratiqué en Allemagne, est destiné à fournir au soldat une bonne occasion, non seulement

Digitized by Google



pour se perfectionner dans l'art de tirer, mais aussi pour se familiariser avec la tactique réelle de la guerre. Dans ce but, toute une compagnie tire des cartouches à balle sur un grand nombre de cibles qui représentent l'ennemi.

Pour figurer l'apparition ou la disparition de l'ennemi, sur le champ de bataille, ces cibles sont rendues mobiles et sont en outre munies de capsules à percussion, auxquelles on met le feu au moyen d'une mèche. Cette dernière particularité représente évidemment l'ennemi qui riposte et elle complète ainsi l'image d'un combat réel.

Il est important de réaliser parfaitement l'action simultanée pour l'apparition et la disparition des cibles ; celles-ci peuvent être placées aux distances les plus variables, de manière à produire une image fidèle de la tactique de l'ennemi ; il est nécessaire aussi que le moment de l'apparition et de la disparition des cibles, ainsi que toutes leurs évolutions, dépende du jugement de l'officier qui commande la compagnie en exercice. On doit donc aviser à un moyen de communication entre cet officier et les gens chargés de de la manipulation des cibles.

Après diverses expériences avec d'autres appareils, comme des signaux optiques, etc., on a constaté que le téléphone est admirablement adapté à ce dessein. Le lieutenant von Laffert a monté les appareils nécessaires de la manière suivante. Le transmetteur et le récepteur sont le téléphone Siemens avec la petite trompette d'appel (§ 30) : le circuit métallique se compose de quatre fils de cuivre de 0,8 millimètres de diamètre, isolés avec du fil de coton et du caoutchouc tressés ensemble et finalement protégés par un guipage de fil de coton ciré ; 500 mètres de ce câble sont enroulés sur un tambour de la construction suivante.

De chaque côté d'un cylindre creux en plaque d'étain, long de 40 centimètres et d'un diamètre de 12 centimètres, est vissée un fort disque en bois de 32 centimètres de diamètre. L'intérieur du cylindre est divisé par une cloison en deux parties égales, chacune desquelles sert à recevoir un téléphone enfermé dans une boîte en étain. Des deux côtés du tambour est adaptée une poignée mobile et à l'extrémité de l'une de ces poignées on peut adapter une manivelle pour enrouler le câble. La surface du cylindre creux, tout près de la



cloison, porte une perforation, à travers laquelle on fait passer l'extrémité intérieure du câble. Une seconde perforation se voit sur l'un des disques de bois : elle doit servir à laisser passer l'extrémité extérieure du câble, que l'on peut attacher à une cheville vissée dans le disque.

On commence par introduire dans le creux du cylindre, sur une longueur de 2 mètres environ, une des extrémités du câble en la faisant passer par le trou et on l'y fixe solidement au moyen d'un nœud. On enroule ensuite le câble sur le cylindre et on attache l'extrémité extérieure à la cheville. La bobine ainsi montée peut être portée par un seul homme, à l'aide d'une courroie de cuir, fixée à une oreille sur chacun des disques de bois.

L'un des téléphones est attaché à l'extrémité du câble qui pénètre à l'intérieur du cylindre creux. Ce côté du tambour est marqué de la lettre E (*End*, fin), et le côté opposé de la lettre A (*Anfang*, commencement).

Pour poser le câble, on enlève la courroie de cuir, on retire du cylindre la boîte en étain du côté marqué A, on sort le téléphone de sa boîte, on fixe les poignées au disque, puis on détache l'extrémité extérieure du câble de la cheville et on l'attache à un objet fixe.

Un des hommes installe la station de transmission en reliant le téléphone à la ligne, etc. ; pendant ce temps, deux autres hommes, l'un de la main droite, l'autre de la main gauche, saisissent le tambour et marchent à pas rapides vers l'endroit choisi comme poste récepteur ou comme point de jonction de deux câbles : l'un d'eux porte aussi la manivelle. Arrivés à leur destination, ils enlèvent les poignées et retirent du cylindre, du côté marqué E, le téléphone qui avait déjà été préalablement relié à la ligne. On installe alors le poste récepteur, ou, si on a besoin de prolonger la ligne, on joint l'extrémité A du câble d'un second tambour à l'extrémité du premier câble (dans ce cas, on doit, naturellement, détacher le téléphone).

L'enroulement du câble s'effectue au moyen de la manivelle ; l'un des deux hommes tient de la main gauche la poignée du tambour et de la main droite il tourne la manivelle.

La jonction de deux câbles peut se faire de deux manières dif-

Digitized by Google

férentes : ou bien deux vis doubles de pression sont mises en relation de manière que les points de jonction des lignes d'aller et de retour, pour rester bien isolés l'un de l'autre, soient tenus séparés par une distance de plusieurs centimètres ;

Ou bien une pièce de liaison spéciale est préparée de la manière suivante :

Deux vis doubles de pression, réunies ensemble, mais isolées entre elles au moyen d'anneaux de caoutchouc, sont placées à l'intérieur d'un tuyau de bois servant d'enveloppe protectrice et y sont attachées au moyen d'une cheville de bois.

Dans les deux cas, ceux qui posent le câble sont avertis de ne pas placer les joints sur le sol, mais de placer en dessous un morceau de bois, une pierre, etc., afin d'empêcher qu'il ne se présente des dérivations à la terre en cas de temps humide.

La pose d'un câble de 500 mètres de longueur ne dure que cinq à six minutes, c'est-à-dire à peu près le temps qu'il faut pour marcher d'un pas ordinaire d'un poste à l'autre.

La méthode un peu primitive de réunir les câbles au moyen de vis de pression avait l'avantage de ne pas être coûteuse ; elle permettait en outre de réunir immédiatement, sans autre précaution, les extrémités non préparées d'un câble qui avait été coupé à dessein ou rompu par accident ou séparé par des boulets.

Les avantages de la cavité intérieure du tambour portatif sont :

1° Le câble, qui est ainsi enroulé sur un tambour de plus grand diamètre, est de ce chef moins exposé à des efforts inutiles et dure par conséquent plus longtemps ;

2° Le transport commode des téléphones ;

3° La possibilité d'une communication ininterrompue entre le poste de transmission et les gens qui posent le câble, même quand ils sont hors de la portée de la vue et de l'ouïe. Ils peuvent toujours entendre dans le tambour un appel effectué au moyen de la petite trompette au poste de transmission. Dans le cas d'un appel, les hommes n'ont qu'à s'arrêter et, après avoir retiré le téléphone de sa boîte, à entrer en communication avec le poste de transmission.

Au poste terminal, le câble est fixé à une vrille solide dont la

Digitized by Google

poignée est munie d'un bouton d'attache ; la vrille est ensuite enfoncée dans un arbre, un poteau, etc.

Depuis la première application du téléphone à cet usage, en 1881, ces exercices de tir ont reçu plus d'extension ; les portées sont devenues plus longues, les évolutions des cibles sont effectuées avec plus de variété ; on a aussi trouvé que, pour plus d'économie dans l'usage du câble, il fallait introduire une méthode plus parfaite pour joindre les différents tronçons de câble. On a construit à cet effet une petite boîte-à-épissure spéciale, dans laquelle on a simplement à pousser l'extrémité de câble préalablement préparée, puis à la fixer au moyen d'une cheville. On peut trouver la description des détails de cette méthode dans la revue « Electrotechnische Zeitschrift », n° III, 1883, p. 125.

Digitized by Google

CHAPITRE XXX

APPLICATIONS DIVERSES

I. — AUDITIONS THÉATRALES

237. — Aux débuts même de la téléphonie, le téléphone musical d'Elisha Gray transmit à New-York des airs de musique joués à Philadelphie. Depuis, on a fréquemment répété des applications semblables, et nous pouvons nous arrêter ici sur quelques-unes d'entre elles, qui furent beaucoup remarquées dans leur temps. Nous voulons parler des auditions théâtrales pendant l'Exposition de Paris, en 1881. Les pièces jouées à l'Opéra, à l'Opéra-Comique et au Théâtre-Français pouvaient être entendues distinctement dans une salle du Palais de l'Exposition, spécialement affectée à cet usage. Non seulement les voix des acteurs et des actrices, les chants et l'orchestre, mais tous les incidents de la pièce, les applaudissements et les rires de l'auditoire, et dans certains cas même la voix du souffleur étaient fidèlement rendus et faisaient l'admiration de la foule qui ne se lassait pas de venir écouter.

Voici quelles étaient les dispositions qui permettaient au téléphone de reproduire ainsi les représentations théâtrales données à l'Opéra[1].

Les fils conducteurs menaient de l'Exposition à travers les égouts à la scène de l'Opéra, où ils aboutissaient à un grand nombre de transmetteurs Ader, à contacts multiples, comme les représentent les figures 32 et 33, page 59.

[1] Du Moncel. *La Lumière électrique*, IV, p. 375.

Digitized by Google

Il y avait à l'Opéra dix transmetteurs de cette nature qui étaient disposés des deux côtés de la niche du souffleur, le long de la rampe.

Les récepteurs, placés dans les salles téléphoniques du Palais de l'Exposition, étaient des téléphones Ader, décrits à la page 45, et l'installation des piles appelées à faire fonctionner ces systèmes multiples n'avait rien de particulier. On les plaçait où l'on pouvait, généralement en dessous de la scène, mais comme elles se seraient polarisées d'une manière fâcheuse, si on avait laissé le circuit fermé pendant toute une représentation, on était obligé de les changer tous les quarts d'heure : on avait donc à installer un commutateur qui permît d'effectuer d'un seul coup tous ces renouvellements. Ce commutateur consistait dans une planchette, munie d'autant de lames de ressorts qu'on employait de transmetteurs, et qui servaient d'intermédiaire entre ceux-ci et les piles différentes affectées à chacun d'eux.

La plus grande difficulté qu'on rencontra fut de rendre le transmetteur plus sensible à la voix des chanteurs qu'aux sons bruyants, émis par les instruments de l'orchestre, et qui auraient pu dominer. M. Ader surmonta cette difficulté au moyen de la disposition suivante :

Supposons que deux transmetteurs microphoniques soient placés sur la scène en T et T′ (fig. 282), que ces transmetteurs soient reliés isolément par deux fils distincts à deux téléphones récepteurs R et R′, que l'on devra appliquer contre les deux oreilles, et qu'on écoute dans cette position, c'est-à-dire avec les deux oreilles, un acteur que nous supposerons placé en A. Il est facile de comprendre que la distance de cet acteur au transmetteur T, étant moindre que celle qui le sépare du transmetteur T′, son chant sera plus énergiquement reproduit par le transmetteur T que par le transmetteur T′, et ce sera l'oreille de gauche qui sera le plus fortement impressionnée. Si, au contraire, l'acteur quitte la position A pour prendre la position A′, le contraire aura lieu et ce sera alors l'oreille droite qui recevra les sons les plus forts. Il arrivera donc que la sensation définitive que l'on obtiendra sera une transformation de l'intensité sonore d'une oreille à l'autre, conséquence du déplacement de la source du son ou de l'acteur de

Digitized by Google

droite à gauche, et il en sera de même pour plusieurs acteurs se croisant sur la scène.

Nous avons vu qu'on avait installé de chaque côté de la niche du souffleur le long de la rampe cinq transmetteurs. Chacun de

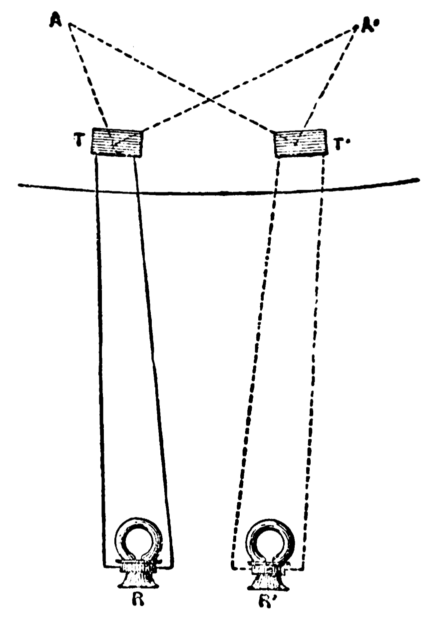


Fig. 282.

ces transmetteurs avait son circuit particulier et par conséquent son câble souterrain. A l'arrivée dans la salle de l'audition, les câbles aboutissaient chacun à huit récepteurs, mais toujours de manière que, pour chaque auditeur, les effets fussent bien distincts à chacune de ses oreilles. On peut voir dans la figure 283 le parcours des circuits pour deux transmetteurs et il en sera de même pour tous les autres. Pour peu qu'on étudie cette figure, on reconnaîtra que sur chaque planchette des salles téléphoniques il y avait toujours un téléphone, celui de gauche, qui correspondait aux transmetteurs de droite. Les téléphones de chaque section étaient disposés en série, c'est-à-dire les uns à la suite des autres sur le même circuit.

Ces auditions théâtrales ont été souvent renouvelées depuis, non seulement aux expositions électriques de Munich et de Vienne,

Digitized by Google

mais aussi à Londres où la Compagnie Unie des Téléphones a fréquemment transmis les opéras de Sullivan et Gilbert à la Société Royale et à plusieurs autres assemblées.

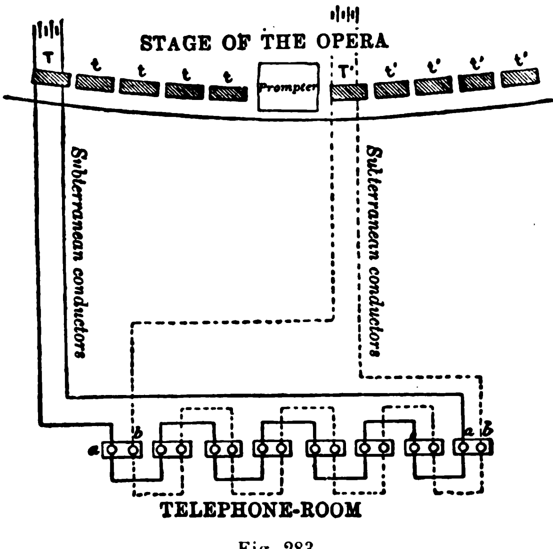


Fig. 283.

II. — APPLICATIONS AUX SCIENCES MÉDICALES

238. — Un instrument d'une sensibilité aussi merveilleuse que le téléphone devait nécessairement trouver et a déjà trouvé plusieurs applications en médecine et en physiologie.

Le premier appareil de ce genre fut

(a). — LE MICROPHONE STÉTHOSCOPIQUE DE DUCRETET

Avec cet instrument l'observateur peut entendre dans plusieurs téléphones à la fois les pulsations les plus faibles, les battements du cœur, du pouls et des artères. Deux tambours de Marey, T' et T (fig. 284) sont mis en relation avec le microphone. L'un agit comme transmetteur, l'autre comme récepteur. Le microphone est relié à un levier L dont on peut régler la sensibilité au moyen du contrepoids PO. Il se termine en un crayon C de charbon de cor-

Digitized by Google

nue ou de graphite, qui repose sur une plaque de la même matière fixée sur le tambour récepteur. Le mouvement le plus léger communiqué au tambour T′ réagit par l'intermédiaire du tube de com-

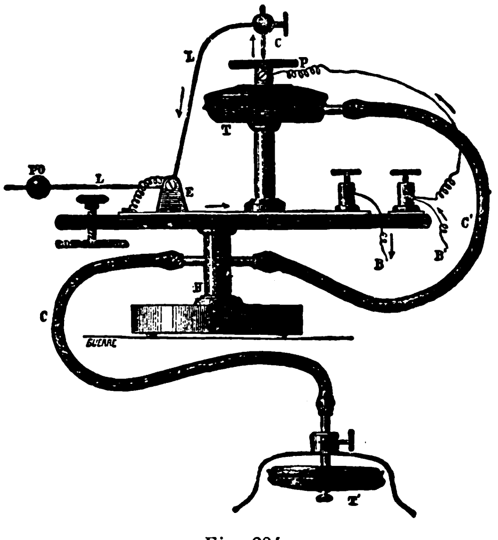


Fig. 284.

munication en caoutchouc sur le tambour T et par suite sur le microphone. L'ensemble est mis en circuit avec une pile de 1 à 3 éléments Daniell ou Leclanché et avec les téléphones dans lesquels on entend les pulsations du tambour résonnateur T′.

(*b*). — MICROPHONE DE BOUDET APPLIQUÉ A LA MÉDECINE

239. — Une petite lame de caoutchouc durci, de 5 centimètres sur 2 centimètres, légèrement concave et percée d'un orifice circulaire à son centre sert de base à l'appareil (fig. 285). A l'une de ses extrémités, s'élève une tige verticale A, haute de 3 centimètres environ, et sur cette tige monte et descend, au moyen d'une vis de réglage V, un tout petit chariot de cuivre I, entre les montants duquel oscille sur un axe transversal, un cylindre de charbon D long de 1 centimètre et demi et épais de 5 millimètres. Une mince lame de ressort E, placée horizontalement et fixée par un de ses bouts

Digitized by Google

à l'extrémité opposée de la planchette de caoutchouc, porte fixée à son extrémité libre une petite lentille à charbon H, qui vient toucher l'extrémité du cylindre de charbon. Enfin, sous ce premier ressort et parallèlement à lui, se trouve un autre ressort F, terminé par un bouton explorateur K, lequel traverse l'orifice central de la plaque.

La moindre pression exercée sur ce bouton K se transmet par l'intermédiaire des ressorts F et E aux deux contacts de charbon et fait ainsi varier l'intensité du courant qui les traverse. Ces variations sont recueillies par un téléphone que l'observateur applique à son oreille.

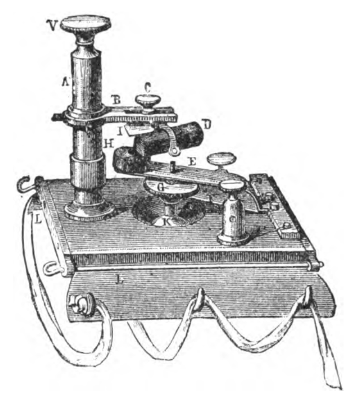


Fig. 285.

La mobilité des charbons en contact fait comprendre l'extrême sensibilité de ce microphone. Toutefois, il est nécessaire dans ces expériences, d'obtenir un premier degré de pression initiale, que la vis de réglage peut déjà donner en partie puisqu'elle permet d'appuyer plus ou moins le cylindre oscillant de charbon sur la lentille inférieure. Mais ceci n'est pas suffisant, car si l'on explore un pouls un peu excité, les mouvements communiqués aux ressorts, soulèveraient brusquement le charbon supérieur et détermineraient des ruptures de courant.

M. Boudet a obvié à cet inconvénient en plaçant à l'intérieur du petit chariot, au-dessus de l'une des extrémités du cylindre oscillant, un petit morceau papier écolier plié en forme de V et qui fait office de ressort. L'addition de ce ressort présente plusieurs avantages. Le papier est un corps très faiblement, mais très parfaite-

Digitized by Google

ment élastique. Il se prête par conséquent, beaucoup mieux que l'acier et le caoutchouc, aux interruptions et aux rétablissements successifs des contacts de charbon ou plutôt aux variations de leur pression réciproque. Ainsi constitué, l'appareil, placé sur une artère, indique tous les bruits qui se passent à l'intérieur du vaisseau, et avec un peu d'habitude on arrive très aisément à distinguer la différence de rythme, les bruits du souffle, etc. La pulsation est très fortement accentuée, le dicrotisme normal devient perceptible, en un mot on entend le tracé du pouls, tel qu'il est inscrit par le sphygmographe. Appliqué sur un muscle, le même instrument devient un excellent myophone. Il décèle le bruit de tonus musculaire normal et lors de la contraction, on entend parfaitement le bruit de roulement caractéristique de ce phénomène.

Le D[r] Boudet a construit un grand nombre d'appareils très ingénieux, qui furent exposés à Vienne en 1883, et dans lesquels on se sert du téléphone pour les recherches physiologiques.

240. — Le *myographe*, instrument dont on se sert pour mesurer la sensibilité nerveuse, se compose d'un explorateur que l'on applique à la partie inférieure du muscle du bras et d'un bandage élastique que l'on adapte à la partie supérieure. Ces deux parties sont en communication avec une bobine d'induction munie d'un rhéostat et l'explorateur est en outre en relation avec un appareil enregistreur. Ce dernier consiste en un cylindre sur lequel s'enroule un papier couvert de noir de fumée et qui est mis en mouvement au moyen d'un mécanisme d'horlogerie. La différence de sensibilité nerveuse entre les différentes parties du bras est enregistrée sur le papier noirci sous forme d'une courbe irrégulière, et elle peut aussi être entendue dans le téléphone, placé dans le circuit. Si maintenant on intercale une certaine résistance dans le circuit, cette irrégularité disparaît, et plus grande est la résistance nécessaire pour obtenir une courbe uniforme sur le cylindre ou le silence dans le téléphone, plus grande aussi est la sensibilité nerveuse. On mesure donc directement cette dernière en tenant note de la résistance intercalée dans le circuit.

Un autre appareil pour mesurer la finesse de l'ouïe est aussi très ingénieux et très intéressant. Il se compose d'un diapason élec-

Digitized by Google

trique et de deux cordes vibrant à l'unisson avec lui qui sont en communication entre elles et aussi avec un élément Bunsen. Dans le même circuit est une bobine d'induction, avec un rhéostat, et aussi un microphone avec un récepteur Bell ordinaire. Si le diapason et les deux cordes vibrent à l'unisson, on peut réduire le téléphone au silence en intercalant une certaine résistance.

Mais dès que l'on altère les vibrations de l'une des cordes dans la moindre proportion, on entend un bruit dans le téléphone et ce bruit grandit à mesure que la variation dans les vibrations de la corde augmente. Pour rendre le téléphone silencieux, on doit incaler alors une résistance; par suite, plus l'observateur individuel doit intercaler de résistance dans le circuit pour être à même d'entendre un son dans le téléphone, plus il a l'ouïe fine. La quantité de résistance intercalée fournit encore ici une mesure directe de la finesse de l'ouïe.

III. — BALANCE D'INDUCTION DE HUGHES

241. — Cet appareil, qui est représenté figure 286, se compose de deux tubes, TT′, munis de doubles bobines d'induction **A B**, **A′ B′**, correspondant à deux circuits distincts, dans lesquels sont interposés, d'une part, un interrupteur (par les bobines **BB′**), d'autre part un téléphone auquel on peut substituer un sonomètre au moyen d'un commutateur X. L'un des systèmes est muni d'une bascule L, permettant de régler la distance de la bobine A′ et de la bobine B′, de manière à obtenir deux actions d'induction exactement égales.

Dans ces conditions, si on dispose les circuits de manière que les courants induits, déterminés dans les bobines A A′, soient de sens contraire, il est bien certain que les interruptions du courant inducteur produites en *p*, ne donneront aucun son dans le téléphone O ; mais si on place en P une pièce métallique ou si on introduit un dérangement quelconque d'équilibre, il n'en sera plus de même, et le téléphone accusera la perturbation d'induction que la pièce P apportera aux courants induits qui ne sont plus dès lors équilibrés.

Digitized by Google

Supposons maintenant qu'au lieu de placer la pièce métallique en P, on la place au-dessus de A. On aura un effet analogue mais beaucoup moins énergique : et on pourra facilement savoir à quelle distance cette pièce sera placée, si au-dessus du second sys-

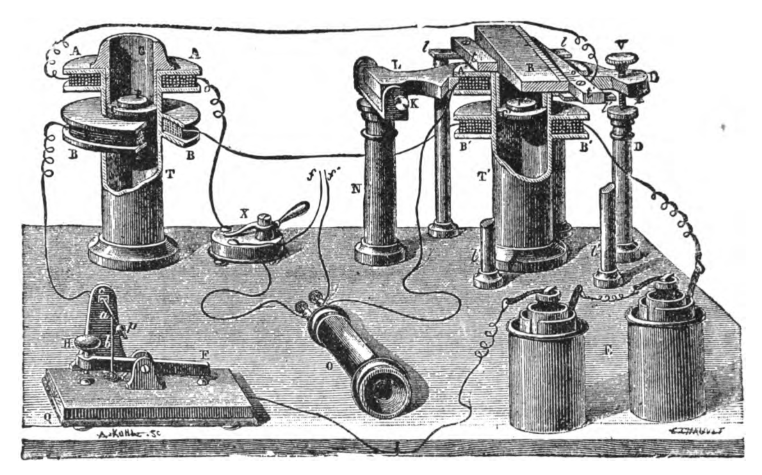


Fig. 286.

tème de bobines A'B' on place une pièce semblable et qu'on l'éloigne ou qu'on la rapproche jusqu'à ce que les sons se soient éteints dans le téléphone. Si les deux pièces sont exactement dans les axes des deux tubes T, T', leurs distances aux bobines seront égales et il suffira de mesurer l'une pour connaître l'autre.

242. — Ceci étant posé, il est facile de comprendre comment l'appareil peut être disposé pour la recherche, par exemple, des projectiles égarés dans l'intérieur du corps humain. Il suffit pour cela de rendre mobile le système A B de la figure 286, de couper le tube au niveau des bobines et de donner aux fils de liaison la forme d'un cordon souple, afin de ne pas changer les conditions de l'expérience pendant le déplacement qu'on est obligé de faire subir au système mobile. Mais il faut avoir soin que les bobines de ce système soient dans une position inverse de celle du système fixe A' B', puisque l'action a lieu dans le sens opposé ou de bas en haut, si le corps sur lequel on opère, est placé horizontalement. Dans la figure 287, E est le couple de bobines mobiles que l'opérateur tient

Digitized by Google

à la main et avec lequel il fait ses explorations : B est le système fixe placé sur une table auprès de l'interrupteur I de la pile P ; T est le téléphone que l'opérateur doit toujours avoir à l'oreille quand il explore.

Tant que les bobines exploratrices ne sont pas dans le voisinage du projectile, aucun son n'est produit dans le téléphone, mais aussitôt qu'elles s'en approchent, on en est averti et le son augmente jusqu'à ce que le projectile soit dans l'axe du tube du système.

C'est donc après un tâtonnement plus ou moins long qu'on arrive à préciser la direction du point où se trouve le projectile.

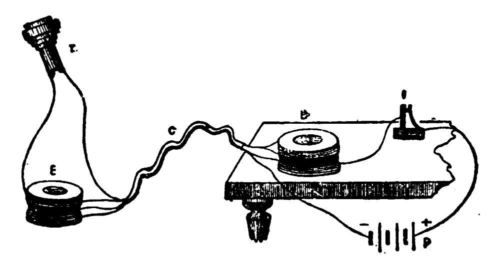


Fig. 287.

Pour en déterminer la profondeur, on emploie alors le moyen indiqué précédemment pour les pièces métalliques, placées au-dessus des bobines. On place au-dessus du tube du système fixe un projectile de la nature de celui qu'on suppose enfoncé dans le corps du patient et on l'éloigne ou on le rapproche de la bobine supérieure jusqu'à ce qu'aucun son ne soit plus perçu dans le téléphone. La distance du projectile d'essai à la bobine indique la profondeur où est logée la balle.

On se rappelle sans doute que ce fut cet instrument dont M. le Professeur Graham Bell se servit pour traiter la blessure du Président Garfield.

243. — M. le Professeur Hughes a fait une application très intéressante du principe de la balance d'induction dans ses recherches récentes « sur la self-induction d'un courant électrique en tant qu'elle est influencée par la nature et la forme du conducteur ».

L'appareil est une combinaison de la balance d'induction et du pont de Wheatstone et est appelé

Digitized by Google

PONT D'INDUCTION

La résistance du fil est mesurée et équilibrée par le pont : au moyen de la balance d'induction, les courants induits ou extra-courants sont mesurés et réduits à zéro par des courants induits de sens contraire et d'intensité égale.

La figure 288 indique schématiquement les communications électriques de l'appareil. Le pont est formé par un fil en maillechort A K B, de 0,25 millimètres de diamètre, d'une longueur de

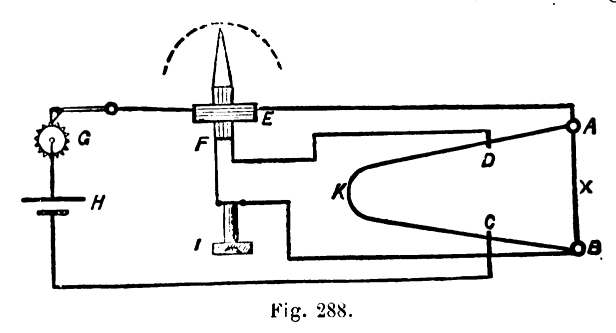


Fig. 288.

1 mètre et d'une résistance de 4 ohms. Ce fil est tendu et maintenu par deux bras en bois, articulés en K, au moyen desquels on peut, à volonté, séparer ou rapprocher les bornes A et B. Le fil à essayer, X, est relié à A et B et complète ainsi le circuit du pont.

Les communications extérieures sont représentées sur la figure : A est en communication avec la bobine du sonomètre E, et à travers celle-ci au ressort de l'interrupteur ou rhéotome G, la roue interruptrice étant reliée à la pile H et de là au pont en C. Le fil partant de B traverse le téléphone I, passe par la bobine secondaire F et retourne à D.

On doit s'attacher avec le plus grand soin à construire le pont de manière qu'il soit aussi libre que possible de tout courant induit ou extra-courant : c'est pourquoi on ne peut pas faire usage de bobines de résistance. On équilibre la résistance du fil X en déplaçant les points de liaison D et C. Il est clair que si tous les bras de ce pont sont égaux comme résistance et comme *capacité inductive* (pour nous servir de l'expression du professeur Hughes), on

Digitized by Google

n'entend aucun bruit dans le téléphone ; mais si la capacité inductive de A B (X) est un peu plus forte ou plus faible, on peut bien équilibrer sa résistance mais non pas son induction et l'on a un son continu, faible ou fort, qui provient des extra-courants différentiels dans le bras AB. Ceux-ci sont compensés par l'introduction dans le circuit téléphonique d'un circuit induit équivalent mais de sens contraire emprunté à la bobine secondaire du sonomètre F, et l'angle dont cette bobine aura tourné pour réduire le téléphone au silence pourra servir à mesurer la valeur de l'extra-courant. Le sonomètre d'induction ne se compose que de deux bobines ; au centre de la bobine extérieure, qui est fixe, la bobine intérieure, plus petite, tourne librement autour d'un axe et entraîne dans son mouvement un bras de 20 centimètres de longueur, dont l'extrémité en pointe se déplace sur un limbe gradué. Chaque fois que l'axe de la bobine intérieure est perpendiculaire à celui de la bobine extérieure, il n'y a pas d'induction, et l'on est rigoureusement sur zéro ; en faisant tourner la bobine intérieure d'un angle quelconque, on obtient un courant proportionnel à cet angle et dont le sens est celui de la rotation. La valeur du courant d'induction par degré sonométrique était égale à $\frac{1}{2500}$ du courant qui traversait le fil primaire et que l'on pouvait faire varier à volonté de 0,001 à 0,250 ampère. L'appareil comporte encore une clef d'inversion ou commutateur (qui ne figure pas sur notre dessin), permettant de placer l'interrupteur sur le circuit téléphonique et de fermer le circuit de la pile entre H et A ; les conditions sont alors celles d'un essai ordinaire, si ce n'est qu'on substitue un téléphone au galvanomètre. Le téléphone à cause de sa grande sensibilité et de la rapidité de son indication, se prête très bien à ce genre de recherches pour lesquels un galvanomètre est trop paresseux et par là même absolument impropre.

IV. — APPLICATION AUX OPÉRATIONS DES SCAPHANDRIERS ET A LA RECHERCHE DES TORPILLES

244. — Le capitaine Mc Evoy a construit sur le principe de la balance d'induction de Hughes un appareil qui sert à découvrir

Digitized by Google

des torpilles à enveloppes métalliques, des coques de navires coulés, des chaînes ou ancres perdues ou d'autres objets métalliques tombés au fond de la mer.

On comprendra le principe de l'appareil en examinant la figure 289 où PS et P'S' sont les quatre bobines de la balance, disposées par paires, séparées l'une de l'autre et reliées par des fils isolés. Les bobines P et P' sont reliées ensemble à travers une pile B et une clef ou interrupteur I, et constituent ainsi le circuit primaire de la balance. Les bobines S et S' sont en communication à travers un téléphone T et constituent le circuit secondaire de la balance. L'interrupteur I peut être manœuvré à la main ou automatiquement de manière à fournir une action continue. Chaque fois que le circuit primaire est fermé, un courant traverse les bobines primaires P, P' et induit un courant correspondant dans les bobines secondaires S, S'. Ce courant naturellement pourrait être entendu dans le téléphone T, si on n'avait eu soin de changer le sens du courant dans l'une des bobines secondaires, S' par exemple, ce qui établit un équilibre pratiquement parfait entre les deux courants induits et rend le téléphone silencieux.

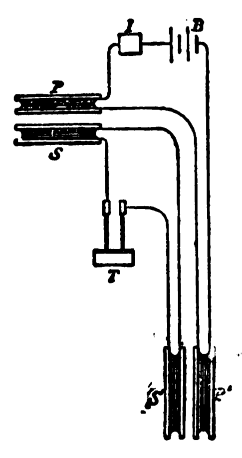


Fig. 289.

On obtient ce résultat en faisant les deux bobines primaires et aussi les deux bobines secondaires identiques en tous points et en plaçant la bobine secondaire S à la même distance de P que S' est de P'. Le réglage final pour rendre le téléphone silencieux peut être effectué en faisant varier la distance entre une bobine secondaire et la bobine primaire correspondante, par exemple la distance de S à P, ou bien au moyen d'une petite pièce métallique ajustée près d'une paire de bobines, comme l'avait montré dès le début M. le professeur Hughes. Pour appliquer cette disposition à la recherche de masses métalliques, il faut seulement, de la manière indiquée, obtenir un équilibre convenable et explorer l'endroit où on suppose que le métal se trouve, en déplaçant les deux bobines S', P' au-dessus. Si ces bobines viennent près d'une masse

métallique, la perturbation inductive que sa présence produit, détruira l'équilibre et le téléphone d'abord silencieux, ou à peu près, émettra des sons distinctement perceptibles, à cause des courants induits de la bobine secondaire S′ dont l'intensité est plus grande que celle des courants de la bobine secondaire S.

L'appareil, tel qu'on l'emploie, est représenté par la figure 290 où A est une boîte portative contenant les bobines susceptibles d'ajustement, P, S et l'interrupteur I de la figure 289 ; B est une pile voltaïque de deux éléments, qui peuvent être remplacés par une petite machine magnéto-électrique à courants alternatifs ; T est le téléphone du circuit secondaire ; C est le câble isolé renfermant les fils qui relient les deux paires de bobines, et D est la boîte exploratrice qui contient les deux bobines secondaires S′ P′ de la figure 289. Les bobines P S, qui se trouvent à l'intérieur de la boîte A, sont séparées par une couche de caoutchouc doux, et une vis en ivoire passe à travers les deux bobines et la rondelle de caoutchouc qui les sépare. La vis est munie d'une tête en ébonite, que l'on peut ajuster à la main, de manière à presser les deux bobines l'une contre l'autre ou à les laisser séparées par une plus grande distance en réglant la pression entre elles et le caoutchouc. Ce simple artifice règle la balance d'induction et rend le téléphone silencieux ou comme l'inventeur préfère dire, presque silencieux. Lorsque l'oreille a un faible son pour la guider, l'augmentation considérable du bruit quand la boîte exploratrice D s'approche d'un corps métallique, est peut-être remarquée plus facilement.

L'interrupteur consiste en une petite anche ou languette en fer maintenue en vibration au moyen d'un petit électro-aimant à deux piles, et interrompant ainsi le courant un certain nombre de fois par seconde de manière à émettre une note définie, qui est facile à reconnaître dans le téléphone et ne peut donner lieu à aucune méprise. Un commutateur E à l'extrémité de la boîte établit et interrompt à volonté le courant venant de la pile.

La pile comprend deux éléments Leclanché dans une boîte portative ; il y a aussi moyen de substituer à la pile et à l'interrupteur une petite machine magnéto-électrique, telle qu'on en emploie pour les applications médicales de l'électricité.

Digitized by Google

Le téléphone est le récepteur Bell ordinaire, et se trouve avec la machine magnéto, à l'intérieur de la boîte.

Le câble C est isolé avec du caoutchouc dont on a eu soin de boucher les pores en y introduisant sous pression de l'ozocérite, liquéfiée par la chaleur. Le câble est protégé en outre par une couverture tresséc extérieure, et est montée sur la boîte A par un socle

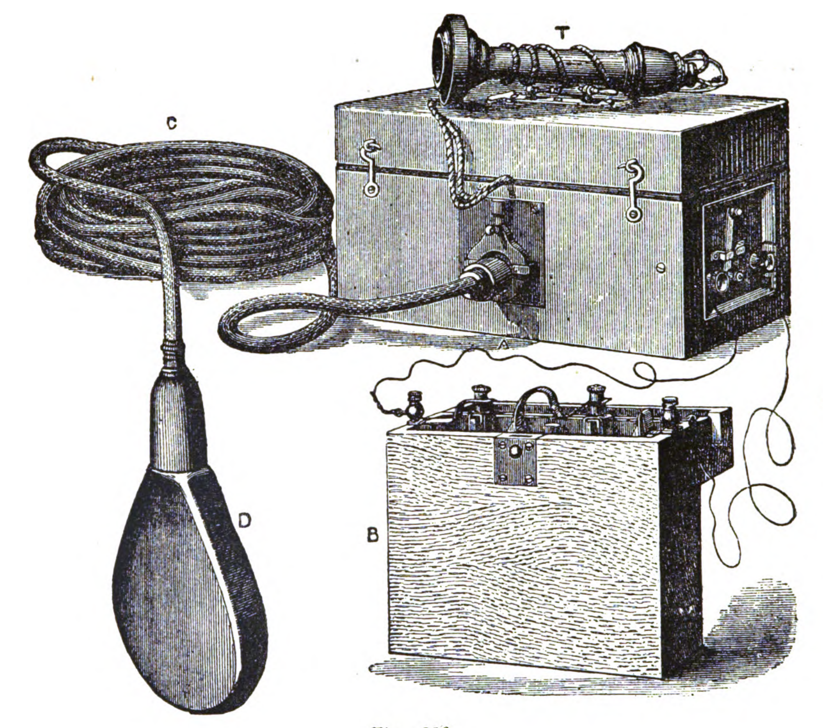


Fig. 290.

au moyen duquel la communication est établie entre les circuits primaires et secondaires correspondants. La boîte exploratrice est construite en bois, trempée dans de la paraffine, et sa forme particulière de flacon aussi bien que la matière dont elle est fabriquée ne furent définitivement adoptées qu'après des essais nombreux. Elle est étanche et contient les deux bobines exploratrices. Lorsqu'on la descend au fond de l'eau au moyen du câble C et qu'on la déplace ou qu'on la traîne sur le fond, au moment où elle heurte une pièce métallique, par exemple une enveloppe de torpille,

Digitized by Google

une chaîne ou un câble sous-marin, l'équilibre est troublé, et le bruit que l'on avait entendu très faiblement jusqu'alors devient intense et clair à ne pas pouvoir s'y méprendre.

V. — RECHERCHE DES FAUTES DANS LES CABLES

245. — Les méthodes employées pour localiser des fautes dans un câble souterrain ou sous-marin nécessitent en général des électriciens expérimentés et compétents, et il est rare qu'elles permettent de déterminer avec précision l'endroit où le défaut s'est produit. Il est difficile, par exemple, de déterminer un contact à la terre, dans un câble télégraphique souterrain, avec une approximation supérieure au centième, de sorte que si la ligne a un kilomètre de long, il est nécessaire de creuser des tranchées sur un espace d'une dizaine de mètres, pour arriver avec certitude à la partie défectueuse. Les mesures sont plus difficiles et les résultats moins précis encore, lorsque les conducteurs ont de fortes sections comme ceux qui servent à l'éclairage électrique ; on n'arrive alors à localiser les défauts qu'en ménageant dans la ligne de nombreux regards, permettant d'essayer les conducteurs par sections.

M. Eric Gérard a eu l'idée de recourir à l'induction téléphonique pour localiser les fautes. Nous avons déjà fait remarquer à plusieurs reprises que ces effets d'induction se produisent lorsque le circuit téléphonique est voisin d'un autre circuit parcouru par des courants intermittents, et que ces effets sont le principal obstacle aux communications téléphoniques à longue distance.

L'idée ingénieuse d'utiliser ces effets fâcheux est mise en pratique par M. Eric Gérard de la manière suivante.

L'une des extrémités du câble est isolée, et un courant intermittent envoyé de l'autre extrémité par une pile dont l'un des pôles est à la terre. L'employé alors suit le câble, en partant de l'interrupteur ; d'une main, il tient une bobine dont le noyau en fer doux garde une direction normale à celle du câble, de l'autre il tient appliqué à l'oreille un téléphone relié au fil de la bobine. Les courants intermittents parcourant le câble entre la pile et la sec-

Digitized by Google

tion défectueuse provoquent dans la bobine des courants induits que le téléphone accuse très nettement. Au moment où on atteint la section fautive, le bruit cesse brusquement ou est considérablement réduit; on peut ainsi déterminer la faute avec une rapidité et une netteté surprenantes.

L'interrupteur en usage est un mécanisme d'horlogerie dont la masse métallique communique avec le câble ; une lame élastique, reliée à la pile, appuie sur les dents d'un des rouages et produit les interruptions nécessaires. La résistance des téléphones employés dans le cours des expériences variait entre 100 et 200 ohms. Le noyau en fer doux de la bobine est formé d'un faisceau de fils de fer recuits et isolés. La bobine doit présenter le plus de spires possible, et sa résistance doit être en rapport avec celle du téléphone employé. Le courant primaire moyen était mesuré au moyen d'un galvanomètre périodique.

VI. — RECHERCHE D'UN FIL PARTICULIER DANS UN CABLE AU MOYEN DU WIRE-FINDER DU BRITISH POST OFFICE

246. — On emploie dans l'Administration des Postes et Télégraphes à Londres des instruments basés sur le même principe que le précédent, pour trouver un fil particulier dans un câble souterrain. La meilleure disposition est la suivante :

Au poste terminal, un électro-aimant avec un interrupteur automatique, appelé « buzzer », est mis en circuit avec une pile et les deux extrémités de la bobine sont aussi reliées respectivement à la terre et à la ligne que l'on veut suivre. Les extra-courants venant de l'électro-aimant passent ainsi dans la ligne.

L'explorateur ou « wire-finder » lui-même se compose d'une bobine à deux sections, articulées ensemble d'un côté, de manière qu'on peut commodément serrer un fil de ligne entre elles, et les extrémités du fil de cette bobine sont reliées à un récepteur téléphonique. La bobine est en réalité un cylindre de fer, sur lequel le fil s'enroule longitudinalement de manière que les spires sont parallèles à l'axe ; par conséquent, lorsqu'un fil est intercalé entre les sections, les courants passant par le fil, induisent des courants

Digitized by Google

secondaires dans la bobine, qui produisent des sons dans le récepteur téléphonique. Le fil dans lequel passent les courants intermittents caractéristiques du « buzzer » peut ainsi être facilement déterminé à l'un quelconque des regards, placés sur le parcours de la ligne souterraine.

Digitized by Google

APPENDICE

LE TÉLÉPHONE A LONDRES

De la Compagnie Unie des Téléphones (United Telephone Company) dépendent toutes les autres compagnies en Angleterre, et elle a maintenu ses droits de patente avec vigueur et avec succès contre toutes les attaques. Cependant sa politique de répression a été l'objet de sévères critiques de la part de beaucoup de personnes : d'autres attribuent l'état arriéré de la téléphonie en Angleterre, non seulement au monopole maintenu si sévèrement, mais aussi à l'inefficacité apparente du service à Londres et aux prétendues restrictions du gouvernement, qui a l'audace d'exiger une redevance en échange du grand privilège qu'il accorde aux compagnies des téléphones de faire des affaires lucratives au moyen de droits qui appartiennent exclusivement au British Post Office. Cependant la téléphonie prospère en Amérique, où les restrictions et les redevances sont bien plus considérables, où le service souvent n'est pas mieux fait et où le monopole est tout aussi rigoureux. Mais la téléphonie est plus nécessaire en Amérique qu'en Angleterre et elle est adaptée au climat et au peuple. Le service pourrait peut-être se faire mieux à Londres, mais l'étendue de cette ville et le climat anglais sont de grands obstacles à un fonctionnement parfait. L'immensité de Londres et la difficulté d'obtenir les autorisations nécessaires pour les conduites rendent l'organisation d'un système complet et fonctionnant parfaitement rien moins qu'impossible. Londres est une agglomération de villes, qui doit nécessairement avoir un grand nombre de Bureaux centraux : ceux-ci alors doivent être reliés entre eux au moyen de lignes auxiliaires (trunkwires). La seule ville qu'on puisse lui comparer est New-York ; mais là, par suite de la conformation géographique par-

Digitized by Google

ticulière des environs, les conditions sont simples comparées à celles de Londres. Cependant l'emploi du fil de cuivre, des circuits métalliques, des lignes souterraines, des tableaux commutateurs multiples, combiné avec la concentration des Bureaux centraux et l'introduction d'appareils perfectionnés, contribuerait beaucoup à désarmer les critiques qui attaquent l'exploitation des téléphones à Londres.

Il y a maintenant (novembre 1888) à Londres 4.900 abonnés avec 5.150 instruments reliés à des Bureaux centraux et 1.400 abonnés privés. Il y a vingt et un Bureaux centraux, reliés entre eux au moyen de 550 fils auxiliaires. On s'occupe en ce moment de concentrer les Bureaux centraux de manière à réduire leur nombre à un minimum. Dans plusieurs Bureaux centraux, on se sert de tableaux multiples. On introduit graduellement le système des appels magnéto, qui prennent peu à peu la place des appels de pile autrefois en usage ; dans quelques Bureaux centraux même les appels sont envoyés aux abonnés au moyen de petites machines magnéto-électriques actionnées par des moteurs à air chaud. Le service se fait la nuit comme le jour.

Digitized by Google

JAUGE BRITANNIQUE

TABLEAU DONNANT LA SECTION, LA RÉSISTANCE, LA CONDUCTIBILITÉ ET LE POIDS POUR **fil de fer.**

Nº DE JAUGE	DIAMÈTRE		SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	FER			Nº DE JAUGE
	Pouces	Centimètres		Résistance électrique, ohms par mètre courant	Conductibilité, mètres par ohm	Poids, grammes par mètre courant. Densité : 7,79	
7/0	0,500	1,270	1,267	0,00080	1245,3	986,8	7/0
6/0	0,464	1,718	1,090	0,00093	1071,8	849,0	6/0
5/0	0,432	1,097	0,945	0,00106	943,4	735,9	5/0
4/0	0,400	1,016	0,811	0,00125	800,0	631,3	4/0
3/0	0,372	0,945	0,701	0,00145	689,7	546,3	3/0
2/0	0,348	0,884	0,613	0,00166	602,4	477,8	2/0
0	0,324	0,823	0,532	0,00191	523,6	414,2	0
1	0,300	0,762	0,456	0,00223	448,4	355,5	1
2	0,276	0,701	0,386	0,00264	378,8	300,5	2
3	0,252	0,640	0,322	0,00316	316,5	250,8	3
4	0,232	0,589	0,273	0,00373	268,1	212,8	4
5	0,212	0,538	0,228	0.00446	224,2	177,4	5
6	0,192	0,488	0,187	0,00544	183,8	145,6	6
7	0,176	0,447	0,157	0,00648	154,3	122,4	7
8	0,160	0,406	0,130	0,00784	127,6	100,9	8
9	0,144	0,366	0,105	0,00968	103,3	82,0	9
10	0,128	0,325	0,0829	0,0122	81,97	64,6	10
11	0,116	0,295	0,0682	0,0149	67,11	53,1	11
12	0,104	0,264	0,0548	0,0185	54,05	42,7	12
13	0,092	0,234	0,0429	0,0236	42,37	33,4	13
14	0,080	0,203	0,0324	0,0314	31,85	25,3	14
15	0,072	0,183	0,0263	0,0387	25,84	20,5	15
16	0,064	0,163	0,0208	0,0489	20,45	16,2	16
17	0,056	0,142	0,0159	0,0642	15,58	12,3	17
18	0,048	0,122	0,0117	0,0873	11,45	9,10	18
19	0,040	0,1016	0,00811	0,125	8,000	6,29	19
20	0,036	0,0914	0,00657	0,154	6,493	5,11	20
21	0,032	0,0813	0,00519	0,196	5,102	4,04	21
22	0,028	0,0711	0,00397	0,256	3,906	3,10	22
23	0,024	0,0610	0,00292	0,349	2,865	2,28	23
24	0,022	0,0559	0,00245	0,415	2,410	1,91	24
25	0,020	0,0508	0,00203	0,502	1,992	1,58	25
26	0,018	0,0457	0,00164	0,618	1,618	1,28	26
27	0,0164	0,0417	0,00136	0,742	1,348	1,06	27
28	0,0148	0,0376	0,00111	0,915	1,093	0,865	28
29	0,0136	0,0345	0,000937	1,087	0,9200	0,730	29
30	0,0124	0,0315	0,000779	1,307	0,7651	0,607	30

Digitized by Google

JAUGE BRITANNIQUE

TABLEAU DONNANT LA SECTION, LA RÉSISTANCE, LA CONDUCTIBILITÉ ET LE POIDS POUR **fil de cuivre.**

Nº DE JAUGE	DIAMÈTRE		SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	CUIVRE			Nº DE JAUGE
	Pouces	Centimètres		Résistance électrique, ohms par mètre courant	Conductibilité, mètres par ohm	Poids, grammes par mètre courant Densité 8,90	
7/0	0,500	1,270	1,267	0,000135	7402	1127,4	7/0
6/0	0,464	1,178	1,090	0,000157	6370	970,2	6/0
5/0	0,432	1,097	0,945	0,000181	5521	840,8	5/0
4/0	0,400	1,016	0,811	0,000211	4736	721,3	4/0
3/0	0,372	0,945	0,701	0,000244	4098	624,2	3/0
2/0	0,348	0,884	0,613	0,000279	3584	545,9	2/0
0	0,324	0,823	0,532	0,000322	3107	473,2	0
1	0,300	0,762	0,456	0,000375	2666	406,1	1
2	0,276	0,701	0,386	0,000444	2253	343,2	2
3	0,252	0,640	0,322	0,000532	1881	286,5	3
4	0,232	0,589	0,273	0,000628	1592	242,5	4
5	0,212	0,538	0,228	0,000751	1331	202,7	5
6	0,192	0,488	0,187	0,000916	1092	166,3	6
7	0,176	0.447	0,157	0,00109	917,8	139,8	7
8	0,160	0,406	0,130	0,00132	757,2	115,3	8
9	0,144	0,366	0,105	8,00163	614,9	93,7	9
10	0,128	0,325	0,0829	0,00206	484,6	73,8	10
11	0,116	0,295	0,0682	0,00251	398,3	60,7	11
12	0,104	0,264	0,0548	0,00312	320,3	48,8	12
13	0,092	0,234	0,0429	0,00398	250,6	38,2	13
14	0,080	0,203	0,0324	0,00528	189.5	28,9	14
15	0,072	0,183	0,0263	0.00651	153,5	23,4	15
16	0,064	0,163	0,0208	0,00824	121,3	18,5	16
17	0,056	0,142	0,0159	0,0108	92,7	14,1	17
18	0,048	0,122	0,0117	0,0147	68,2	10,4	18
19	0,040	0,1016	0,00811	0.0211	47,4	7,19	19
20	0,036	0,0914	0,00657	0,0260	38,4	5,84	20
21	0,032	0,0813	0,00519	0,0330	30,3	4,62	21
22	0,028	0,0711	0,00397	0,0431	23,2	3,54	22
23	0,024	0,0610	0,00292	0,0587	17,05	2,60	23
24	0,022	0,0559	0,00245	0,0698	14,32	2,18	24
25	0,020	0,0508	0,00203	0,0845	11,84	1,80	25
26	0,018	0,0457	0,00164	0,104	9,59	1,46	26
27	0,0164	0,0417	0,00136	0,125	7,97	1,21	27
28	0,0148	0,0376	0,00111	0,154	6,48	0,988	28
29	0,0136	0,0345	0,000937	0,183	5,46	0,834	29
30	0,0124	0,0315	0,000779	0,220	4,55	0,693	30
31	0,0116	0,0295	0,000682	0,251	3,98	0,607	31
32	0,0108	0,0274	0,000591	0,290	3,45	0,526	32
33	0,0100	0,0254	0,000507	0,338	2,96	0,451	33

Digitized by Google

JAUGE BRITANNIQUE (*Suite*).

N° DE JAUGE	DIAMÈTRE		SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	CUIVRE			N° DE JAUGE
	Pouces	Centimètres		Résistance électrique, ohms par mètre courant	Conductibilité, mètres par ohm	Poids, grammes par mètre courant Densité : 8,90	
34	0,0092	0,0234	0,000429	0,398	2,51	0,382	34
35	0,0084	0,0213	0,000358	0,478	2,09	0,318	35
36	0,0076	0,0193	0,000293	0.585	1,71	0,260	36
37	0,0068	0,0173	0,000234	0,730	1,37	0,208	37
38	0,0060	0,0152	0,000182	0,943	1,06	0,162	38
39	0,0052	0,0132	0,000137	1,248	0,801	0,122	39
40	0,0048	0,0122	0,000117	1,466	0,682	0,1038	40
41	0,0044	0,0112	0.0000982	1,742	0,574	0,0874	41
42	0,0040	0,0102	0,0000811	2,109	0,474	0,0721	42
43	0,0036	0,00914	0,0000656	2,611	0,383	0,0584	43
44	0,0032	0,00813	0,0000519	3,300	0,303	0,0462	44
45	0,0028	0,00711	0,0000397	4,310	0,232	0,0353	45
46	0,0024	0,00610	0,0000292	5,848	0,171	0,0260	46
47	0,0020	0,00508	0,0000203	8,475	0,118	0,0180	47
48	0,0016	0,00406	0,0000129	13,23	0,076	0,0115	48
49	0,0012	0,00305	0,0000073	23,42	0,043	0,00650	49
50	0,0010	0,00254	0,0000050	33,78	0,030	0,00451	50

Longueur en pouces	× 25,4	=	longueur en millimètres.
» » »	× 2,54	=	» » centimètres.
» » pieds	× 0,3048	=	» » mètres.
» » yards.	× 0,9144	=	» » »
» » milles.	× 1,609	=	» » kilomètres.
Poids en grains Troy.	× 0,648	=	poids en grammes.
» » livres (avoir du pois).	× 0,453	=	» » kilogrammes.
Surface (sect.) en pouces carrés	× 6,45	=	surface (section) en centim. car.
Ohms par pied	× 3,28	=	ohms per mètre.
Pieds par ohm.	× 0,305	=	mètres par ohm.
Livres par pied	× 1488,19	=	grammes par mètre.
Onces » »	× 93,01	=	» »

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

Digitized by Google


Digitized by Google

D

Digitized by Google

Digitized by Google

I

J

K

L

Digitized by Google

M

N

O

P

Digitized by Google

R

S

Digitized by Google

T

Digitized by Google

U

V

W

Z

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

Digitized by Google

10650. cc.

Digitized by Google

ERRATA

Page 25,	ligne 3,	d'en bas,	*au lieu de*	M, *lisez* M'	
— 51,	— 7,	—	—	3 millim., *lisez* 0,3 millim.	
— 76,	— 1,	—	—	$\frac{1}{18}$, *lisez* $\frac{1}{8}$.	
— 107,	— 3,	d'en haut,	—	5 ohms, *lisez* 0.5 ohm.	
— 114,	— 13,	d'en bas,	—	8 millim., *lisez* 0,8 millim.	
— 120,	— 1,	—	—	2 p. 100, *lisez* $\frac{2}{3}$ p. 100.	
— 122,	— 3,	d'en haut,	—	5° C, *lisez* — 5° C.	
— 122,	— 4,	—	—	2° C, *lisez* 5° C.	
— 165,	— 4,	d'en bas,	—	0, *lisez* 0_2.	

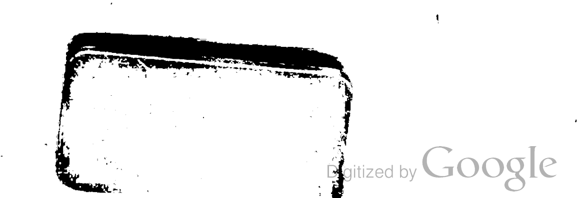
Les numéros des deux figures de la page 236 doivent être intervertis.

Digitized by Google

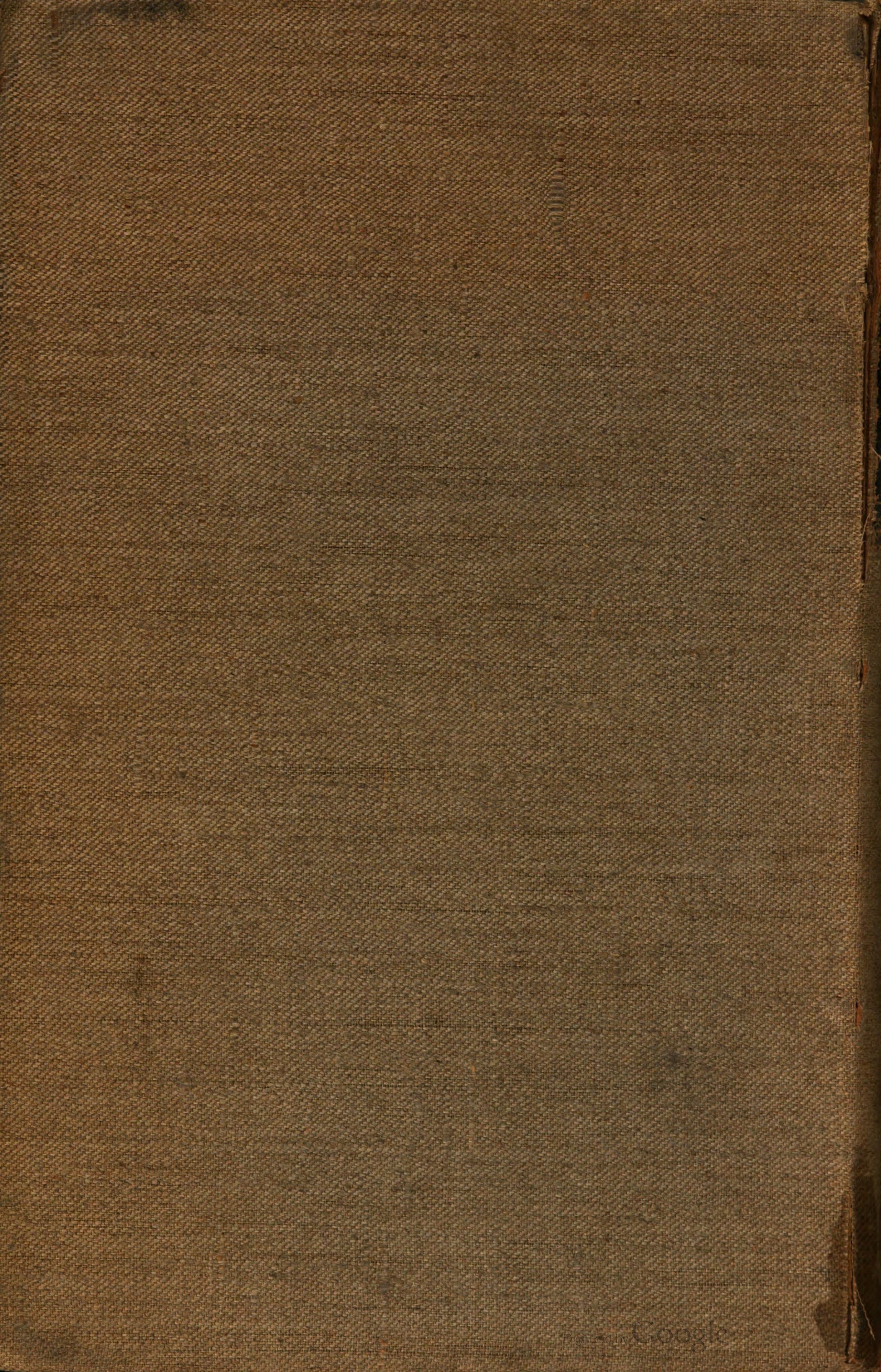
Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google



Digitized by Google


Google